



TUGAS AKHIR - TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN
AKUISISI DATA RPM *FAN*, TEMPERATUR DAN
KELEMBABAN PADA *DUCING AIR CONDITIONING*
LABORATORY UNIT PA HILTON A575**

OKKY AGASSY FIRMANSYAH
NRP. 2412 031 047

Dosen Pembimbing
Dr. Ridho Hantoro S.T., M.T.

PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - TF 145565

***DESIGN OF MONITORING SYSTEM AND DATA
ACQUISITION RPM FAN, TEMPERATURE AND
HUMIDITY ON DUCTING AIR CONDITIONING
LABORATORY UNIT PA HILTON A575***

OKKY AGASSY FIRMANSYAH
NRP. 2412 031 047

Supervisor
Dr. Ridho Hantoro S.T., M.T.

DIPLOMA OF METROLOGY AND INSTRUMENTATION ENGINEERING
Department Of Engineering Physics
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN
AKUISISI DATA RPM *FAN*, TEMPERATUR DAN
KELEMBABAN PADA *DUCTING AIR*
CONDITIONING LABORATORY UNIT PA HILTON
A575**

TUGAS AKHIR

Oleh :

**Okky Agassy Firmansyah
NRP. 2412 031 047**

**Surabaya, 29 Juli 2015
Mengetahui / Menyetujui**

Dosen Pembimbing



**Dr. Ridho Hantoro, S.T., M.T.
NIP. 19761223 200501 1 001**

**Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI – ITS**



**Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
NIP. 19650309 199002 1 001**

**Ketua Program Studi
DIII Metrologi dan Instrumentasi**



**Dr. Ir. Purwadi Agus D, M.Sc.
NIP. 19620822 198803 1 001**

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN
AKUISISI DATA RPM *FAN*, TEMPERATUR DAN
KELEMBABAN PADA *AIR CONDITIONING*
LABORATORY UNIT PA HILTON A575**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada

Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Okky Agassy Firmansyah
NRP. 2412 031 047

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Ridho Hantoro, S.T., M.T. (Pembimbing I)
2. Ir. Harsono Hadi, M.Sc., Ph.D. (Ketua Penguji)
3. Detak Yan Pratama, S.T., M.Sc. (Penguji I)

**SURABAYA
JULI 2015**

***DESIGN OF MONITORING SYSTEM AND DATA ACQUISITION
RPM FAN, TEMPERATURE, HUMIDITY ON DUCTING AIR
CONDITIONING LABORATORY UNIT PA HILTON A575***

Nama Mahasiswa : Okky Agassy Firmansyah
NRP : 2412 031 047
Program Studi : D3-Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ridho Hantoro S.T., M.T.

Abstract

Nowadays, Air conditioning system has become human needs, especially for work environment to be comfortable to do various activities. Several aspects of the thermal comfort often consideration is temperature, humidity and air speed. Air Conditioning Laboratory Unit PA Hilton A575 is one of simulator to provide air conditioning. In this AC. Lab. Unit equipped with the process of psychometrics to such as heating, cooling, dehumidifying. Because of that, it takes a design of instrument for know that temperatures, humidity and the rotary centrifugal fan owned by AC. Lab. Unit PA Hilton A575. The research which is done system design and monitoring rpm fan, temperatures and humidity conducted using hall effect sensors, DHT22, arduino mega 2560, display (LCD) and and data acquisitions by visual basic 2008 already connected with microsoft access database. Based on the results of testing, got that in the measurement of rpm obtained value uncertainty $\pm 46,094$ rpm, while the measurement of temperature obtained value uncertainty $\pm 1,587^{\circ}\text{C}$ and for measuring humidity had value uncertainty $\pm 2,199\%$. Measurement uncertainty were obtained by using confidence level 95%. From data monitoring, get the conclusion that the Air Conditioning Laboratory Unit PA Hilton A575 still can provide the third aspect of thermal comfort, speed the flow of air, temperature and humidity in accordance with applicable standards.

Keywords : Thermal Comfort, AC. Lab Unit PA Hilton A575, Monitoring, Rpm Fan, Temperature, Humidity

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN AKUISISI
DATA RPM FAN, TEMPERATUR DAN KELEMBABAN PADA
DUCTING AIR CONDITIONING LABORATORY UNIT PA
HILTON A575**

Nama Mahasiswa : Okky Agassy Firmansyah
NRP : 2412 031 047
Program Studi : D3-Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ridho Hantoro S.T., M.T.

Abstrak

Sistem pengkondisian udara pada saat ini telah menjadi kebutuhan yang banyak diperhatikan oleh masyarakat, khususnya untuk lingkungan kerja agar menjadi nyaman. Beberapa aspek kenyamanan termal yang sering diperhatikan adalah temperatur, kelembaban dan kecepatan udara. Air Conditioning Laboratory Unit PA Hilton A575 merupakan salah satu sistem simulator untuk menyediakan pengkondisian udara. AC. Lab Unit ini dilengkapi dengan proses – proses psikometrik seperti heating, cooling, humidifying dan dehumidifying. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu perancangan alat untuk mengetahui temperatur, kelembaban serta kecepatan putar centrifugal fan yang dimiliki oleh AC. Lab Unit. Pada penelitian yang sudah dilakukan, perancangan sistem monitoring rpm, temperatur dan kelembaban dilakukan dengan menggunakan sensor hall effect, DHT22, arduino mega 2560, display LCD dan akuisisi data dengan menggunakan software visual basic 2008 yang sudah terkoneksi database microsoft access. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan bahwa pada pengukuran rpm diperoleh nilai ketidakpastian $\pm 46,094$ rpm, sedangkan pengukuran temperatur didapatkan nilai ketidakpastian $\pm 1,587$ °C dan untuk pengukuran kelembaban didapatkan nilai ketidakpastian $\pm 2,199\%$. Ketidakpastian pengukuran tersebut didapatkan dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95%. Dari data hasil monitoring, didapatkan kesimpulan bahwa AC. Lab. Unit PA Hilton A575 masih dapat menyediakan ketiga aspek kenyamanan termal, yaitu kecepatan aliran udara, temperatur dan kelembaban sesuai dengan standar yang berlaku.

Kata kunci: *Kenyamanan Termal, AC. Lab Unit PA Hilton A575, Monitoring, Rpm Fan, Temperatur, Kelembaban*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Akuisisi Data Rpm Fan, Temperatur dan Kelembaban pada Ducting Air Conditioning Laboratory Unit PA Hilton A575**”. Penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA, selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika ITS dan Bapak Dr. Ir Purwadi Agus Darwaito, Msc. selaku dosen wali penulis yang telah sabar memberikan dukungan, bimbingan, serta ilmu yang sangat bermanfaat.
2. Bapak Dr. Ridho Hantoro S.T., MT. selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan motivasi, bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T. selaku kepala Laboratorium Pengukuran Fisis yang telah memberikan sarana dan prasarana guna menunjang pelaksanaan Tugas Akhir ini.
4. Bapak dan Ibu dosen Teknik Fisika yang telah memberikan ilmu selama kuliah.
5. Seluruh Staf Jurusan Teknik Fisika yang telah membantu penulis dalam hal administrasi.
6. Ibu tercinta Siti Ngaisah, Bapak Mamak Al Luluki, Micco Rizky Firnanda, Rizky Firdiansyah dan seluruh keluarga besar tercinta yang senantiasa memberikan dukungan, semangat dan do'a kepada penulis.
7. Teman-teman seperjuangan dalam mengerjakan Tugas Akhir Tim HVAC (Lufi I.A, Aulia P.S), *Kompur Family* (Icha, Rio, Dennys dan Gamal), Teman-teman D3-Metrologi dan

Instrumentasi lainnya serta teman-teman angkatan F47 yang selalu memotivasi penulis.

8. Keluarga Kecil PSDM HMTF ITS dan Kabinet Bahagia HMTF ITS yang banyak membantu menyemangati pengerjaan
9. Teman-teman asisten Laboratorium Pengukuran Fisis 2013-2014, dan lain-lain yang selalu menjadi penyemangat dan rela membantu dalam proses pembuatan alat hingga akhir.
10. Serta calon istri yang telah ditetapkan di laful mahfudz yang senantiasa menjadi penyemangat dalam beribadah khususnya mengerjakan tugas akhir

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan Tugas Akhir ini tidaklah sempurna. Oleh karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sehingga mencapai sesuatu yang lebih baik lagi. Penulis juga berharap semoga laporan ini dapat menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembacanya.

Surabaya, 29 Juli 2015

Penulis.

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
 BAB I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	2
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	 3
2.1 Temperatur (Suhu).....	3
2.2 Kelembaban.....	3
2.3 Sistem Pengukuran	4
2.4 Karakteristik Alat Ukur	5
2.5 Analisis Ketidakpastian	9
2.6 Sensor DHT22.....	13
2.7 Sensor <i>Hall Effect</i>	14
2.8 <i>Air Conditioning Laboratory Unit PA A575</i>	15
2.9 Kenyamanan Termal (<i>Thermal Comfort</i>).....	16
2.10 Kipas Sentrifugal (<i>Centrifugal Fan</i>).....	18
2.11 Hukum-Hukum Kipas.....	19
2.12 Arduino Mega 2560.....	21
2.13 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>).....	22
2.14 <i>Visual Studio 2008</i>	23
2.15 <i>Microsoft Acces</i>	24

BAB III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT...23

3.1	Diagram Alir (<i>Flowchart</i>).....	25
3.2	Keterangan <i>Flowchart</i>	26
3.2.1	Studi literatur Alat Ukur Rpm, Temperatur dan Kelembaban.....	26
3.2.2	Perancangan dan Pembuatan <i>Hardware</i> serta <i>Software</i> Alat Rpm, Temperatur dan Kelembaban ..	27
3.2.3	Integrasi <i>Hardware</i> dan <i>Software</i> Pemrograman.....	34
3.2.4	Pengujian Sistem Pengukuran	34
3.2.5	Pembuatan Desain Tampilan di PC dengan <i>Software Visual Studio 2008</i> serta media penyimpanan <i>database</i>	34
3.2.6	Intergrasi <i>Hardware</i> Sistem Monitoring dan Akuisisi Data	36
3.2.7	Pengambilan Data Karakteristik dan Kalibrasi	36
3.2.8	Analisis Data dan Penarikan Kesimpulan.....	36

BAB IV. ANALISA DATA37

4.1	Analisa Data.....	37
4.1.1	Hasil Rancang Bangun	37
4.1.2	Rancang Bangun Alat Pengukuran Rpm	40
4.1.3	Rancang Bangun Pengukuran Temperatur	50
4.1.4	Rancang Bangun Pengukuran Kelembaban	58
4.1.5	Pengujian Alat Ukur Rpm <i>Fan</i> , Temperatur dan Kelembaban pada <i>Ducting Air Conditioning Laboratory Unit PA Hilton A575</i>	66
4.2	Pembahasan	73

BAB V. PENUTUP.....77

5.1	Kesimpulan	77
5.2	Saran	78

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A (Data Pengujian Alat dan Kalibrasi)

**LAMPIRAN B (*Listing Program di Mikrokontroller*
dan *Microsoft Visual Studio 2008*)**

LAMPIRAN C (*Datasheet*)

LAMPIRAN D (Data Uji *AC.Lab unit PA Hilton A575*)

LAMPIRAN E (*Tampilan Software*)

BIOGRAFI PENULIS

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 4.1 Data Pengujian Alat	40
Tabel 4.2 Data Karakteristik Statik Alat	43
Tabel 4.3 Data Kalibrasi	46
Tabel 4.4 Data Pengujian Alat Ukur Temperatur	50
Tabel 4.4 (Lanjutan)	49
Tabel 4.5 Tabel Karakteristik Alat	50
Tabel 4.6 Data Kalibrasi	54
Tabel 4.6 Data Kalibrasi (Lanjutan)	55
Tabel 4.7 Data Pengujian Alat	58
Tabel 4.7 (Lanjutan)	59
Tabel 4.10 Data Karakteristik Alat	60
Tabel 4.11 Data Kalibrasi	62
Tabel 4.12 Data Pengujian Pembacaan Rpm	66

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Saturasi Tekanan Uap Air Terhadap Temperatur	3
Gambar 2.2 Blok Diagram Sistem Pengukuran	5
Gambar 2.3 Karakteristik Output Instrumen Linier	7
Gambar 2.4 Grafik Non-Linieritas	8
Gambar 2.5 Penjelasan Akurasi dan Presisi	8
Gambar 2.6 Rangkaian DHT-22 dan Arduino Mega 2560	13
Gambar 2.7 Sensor <i>Hall Effect</i>	14
Gambar 2.8 Sinyal <i>Output</i> dari Sensor <i>Hall Effect Magnetic</i>	15
Gambar 2.9 Skema Peralatan <i>AC Laboratory Unit</i> PA Hilton A575	16
Gambar 2.10 Batas kenyamanan (dalam Temperatur Efektif/TE)	17
Gambar 2.11 Kipas Sentrifugal	19
Gambar 2.12 <i>Board Arduino Mega 2560</i>	22
Gambar 2.13 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>) 16x2	22
Gambar 2.14 <i>Visual Studio 2008</i>	23
Gambar 2.15 <i>Microsoft Acces</i>	24
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Tugas Akhir	26
Gambar 3.2 Diagram Blok Alat ukur rpm, temperatur dan kelembaban	27
Gambar 3.3 Rangkaian Modul Sensor DHT22	26
Gambar 3.4 Rangkaian Modul Sensor <i>Hall Effect</i>	27
Gambar 3.5 Rangkaian Pendukung Fungsi Modul Sensor <i>Hall Effect</i>	27
Gambar 3.6 Display Hardware alat ukur rpm, temperatur dan kelembaban	28

Gambar 3.7	Skematik <i>shield arduino</i> pada <i>software eagle</i>	29
Gambar 3.8	<i>Shield Arduino</i> (dalam proses pengerjaan)	30
Gambar 3.9	<i>Shield Arduino (Hardware)</i>	30
Gambar 3.10	<i>Software arduino 1.58</i>	33
Gambar 3.11	Desain <i>Software</i> dengan VB.net	35
Gambar 3.10	Desain <i>Software</i> monitoring dengan VB.net	33
Gambar 4.1	Penempatan Alat Ukur pada <i>AC. Lab. Unit</i>	37
Gambar 4.2	Tampak depan pemasangan sensor <i>Hall effect</i> untuk pengukuran rpm pada <i>centrifugal fan</i>	38
Gambar 4.3	Alat ukur temperatur dan kelembaban	39
Gambar 4.4	<i>Box</i> Sistem Monitoring Rpm, Temperatur dan Kelembaban	39
Gambar 4.5	Grafik pembacaan Alat dan Pembacaan Standar	41
Gambar 4.6	Grafik pembacaan Alat dan Pembacaan Standar	41
Gambar 4.7	Grafik pembacaan Alat dan Pembacaan Standar dengan persamaan Matematik	42
Gambar 4.8	Grafik Histerisis	45
Gambar 4.9	Grafik Pembacaan Alat Standar dan Pembacaan Alat	51
Gambar 4.10	Grafik Pembacaan Standar dan Pembacaan Alat	59
Gambar 4.11	Grafik Perbandingan Kenaikan Knop Putar dan Pembacaan Rpm	66

Gambar 4.12	Grafik pengukuran temperatur dan kelembaban pada alat (titik sebelum evaporator) – temperatur lingkungan	68
Gambar 4.13	Grafik pengukuran temperatur dan kelembaban pada alat (titik setelah evaporator) – proses refrigerasi	69
Gambar 4.14	Grafik pengukuran temperatur dan kelembaban pada alat (titik setelah evaporator) – proses <i>heating</i>	70
Gambar 4.15	Grafik pengukuran temperatur dan kelembaban pada alat (titik sesudah evaporator) – temperatur lingkungan	71
Gambar 4.16	Grafik pengukuran temperatur dan kelembaban pada alat (titik sesudah evaporator) – proses refrigerasi	72
Gambar 4.17	Grafik pengukuran temperatur dan kelembaban pada alat (titik sesudah evaporator) – proses <i>heating</i>	73

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem refrigerasi dan pengkondisian udara pada saat ini banyak digunakan untuk kenyamanan termal (*thermal comfort*), yaitu untuk membuat keadaan yang nyaman bagi orang yang berada pada sebuah ruangan. Pada saat musim panas datang, sistem pendinginan pada ruangan sudah merupakan kebutuhan pokok bagi bangunan – bangunan yang dihuni. Sebaliknya, pada musim dingin, sistem pemanasan merupakan kebutuhan yang setiap harinya akan digunakan untuk memperoleh kenyamanan termal. Kenyamanan ini ditujukan agar menciptakan suasana kerja yang lebih efektif pada ruangan tersebut. Sistem pengkondisian udara ini diterapkan pada banyak bangunan, seperti rumah, kendaraan, gedung perkantoran, hingga industri yang memiliki spesifikasi khusus untuk mengolah suatu produk. Beberapa aspek yang terkait dengan kenyamanan termal adalah temperatur udara, kelembaban udara, kecepatan angin, radiasi matahari dan tingkat persepsi penghuni^[1].

Pada laboratorium Rekayasa Energi dan Pengkondisian Lingkungan Teknik Fisika ITS terdapat alat simulator untuk mempelajari mengenai sistem pengkondisian udara yang mengatur kenyamanan termal. Sistem ini dapat disimulasikan pada *Air Conditioning Laboratory Unit* PA Hilton A575. Pada AC Lab. Unit ini masih menggunakan alat ukur konvensional, seperti termometer air raksa. Oleh karena itu dalam tugas akhir ini akan dirancang dan dibangun sistem monitoring Rpm *fan*, temperatur dan kelembaban untuk mengetahui dan memastikan pengkondisian udara yang dilakukan oleh AC Lab. Unit PA Hilton A575. Alat ukur ini menggunakan sensor DHT - 22 untuk mengukur temperatur dan kelembaban, dan sensor *Hall Effect* untuk mengukur kecepatan putar *centrifugal fan*.

1.2 Permasalahan

Pada pelaksanaan tugas akhir ini terdapat permasalahan yaitu, bagaimana cara membangun dan merancang sistem monitoring dan akuisisi data Rpm *fan*, temperatur dan kelembaban yang dapat diaplikasikan pada *Air Conditoning Laboratory Unit* PA Hilton A575 dan bagaimana penggunaan data hasil monitoring dan akuisisi data Rpm *fan*, temperature dan kelembaban pada *Air Conditoning Laboratory Unit* PA Hilton A575.

1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penyelesaian masalah pada penelitian tugas akhir ini, maka batasan masalah yang diangkat adalah sebagai berikut :

1. Alat yang dirancang dan dibangun hanya memiliki fungsi untuk mengukur, memonitoring dan meng-akuisisi data Rpm *fan*, temperatur dan kelembaban.
2. Sensor yang dipakai adalah DHT-22 sebagai sensor temperatur dan kelembaban, *Hall Effect* sebagai sensor untuk mengukur rpm, *Arduino Mega* sebagai data program, LCD sebagai *display monitor* dan *Visual Basic* sebagai *interface data* pada PC.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah merancang dan membangun sistem monitoring dan akuisisi data Rpm *fan*, temperatur dan kelembaban yang dapat diaplikasikan pada *AC Laboratory Unit* PA Hilton A575 dan data yang dihasilkan dari monitoring Rpm *fan*, tempratur dan kelembaban, digunakan untuk mengetahui bahwa kinerja *Air Conditoning Laboratory Unit* PA Hilton A575 masih layak untuk menyediakan kenyamanan termal (*thermal comfort*)

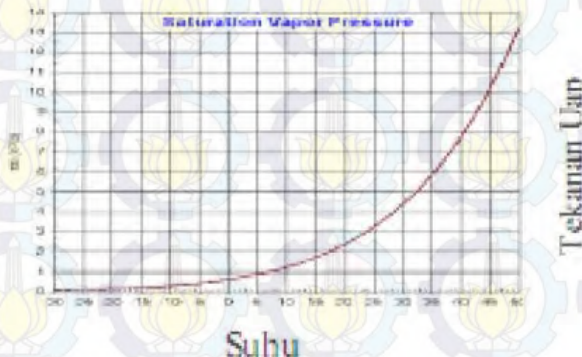
BAB II TINJUAN PUSTAKA

2.1 Temperatur (Suhu)

Suhu atau temperature merupakan suatu besaran yang menunjukkan derajat panas suatu benda. Dimana semakin tinggi energi atom-atom penyusun benda tersebut maka semakin tinggi pula suhunya. Suhu dapat dinyatakan dalam 4 macam besaran yaitu °Celcius, °Kelvin, °Fahneheit dan °Reamur.

2.2 Kelembapan

Kelembapan merupakan suatu tingkat keadaan lingkungan udara basah yang disebabkan oleh adanya uap air. Tingkat kejenuhan sangat dipengaruhi oleh temperatur. Grafik tingkat kejenuhan tekanan uap air terhadap temperatur diperlihatkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Saturasi tekanan uap air terhadap temperatur

Ada tiga macam kelembaban udara antara lain:

- **Kelembaban nisbi (*Relative Humidity*):**

Kelembaban nisbi merupakan perbandingan antara massa uap air yang terkandung dalam satu satuan volume udara dengan massa uap air maksimum yang dapat dikandung pada suhu dan tekanan yang sama. Sehingga dapat dikatakan bahwa kelembaban nisbi merupakan perbandingan antara tekanan uap air dengan tekanan uap air jenuh pada suhu yang sama. Dimana satuan dari *Relative Humidity* dinyatakan dalam bentuk %.

$$RH(\%) = \frac{P_{uap}}{P_{uap \text{ Air Jenuh}}} \times 100\%$$

- **Kelembaban spesifik:**

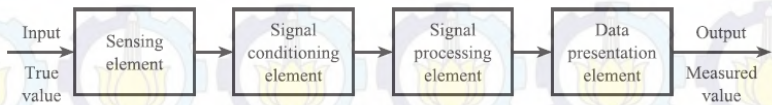
Kelembaban spesifik merupakan metode mengukur jumlah uap air di udara dengan rasio terhadap uap air di udara kering. Kelembaban spesifik dinyatakan dalam rasio kilogram uap air (m_w), per kilogram udara, (m_a).

- **Kelembaban mutlak:**

Kelembaban mutlak merupakan massa uap air yang terkandung dalam satu satuan udara yang dinyatakan dalam satuan gram/m^3 . [3]

2.3 Sistem Pengukuran

Secara umum, sistem pengukuran disusun atas beberapa tahap, dan tahapan tersebut dijelaskan dengan diagram blok. Diagram blok sistem pengukuran terdiri atas empat aspek utama, yaitu *sensing element*, *signal conditioning element*, *signal processing element* dan *data presentation element*. Berikut ini penjelasan dari diagram blok sistem pengukuran.



Gambar 2.2. Blok diagram sistem pengukuran (*Bentley, 2005*)

Berdasarkan blok diagram diatas, berikut merupakan penjelasan mengenai setiap komponen diagram blok tersebut :

- *Input* : besaran yang diukur sesuai nilai sebenarnya
- *Sensing element* / elemen penyensor : Suatu elemen yang berhubungan langsung dengan proses dan memberikan *output* sesuai variabel besaran yang terukur.
- *Signal conditioning element* / elemen pengondisian sinyal : elemen yang mendapat *input* dari *output* elemen penyensor yang nantinya dirubah menjadi bentuk yang dapat diolah oleh elemen pemrosesan sinyal.
- *Signal processing element* / elemen pemrosesan sinyal : elemen yang mendapat *input* dari *output* pengondisian sinyal yang kemudian dikonversi ke bentuk yang sesuai dengan sinyal elemen penampil agar data diproses ke data selanjutnya.
- *Data presentation element* / elemen penampil data : suatu elemen sebagai penampil hasil nilai pengukuran yang dapat dilihat atau dikenali oleh pengamat.

2.4 Karakteristik Alat Ukur

Setiap Instrumen ukur mempunyai karakteristik yang melekat padanya. Terdapat dua karakteristik instrument ukur yang digunakan, yaitu karakteristik statik dan karakteristik dinamik.

2.4.1 Karakteristik Statik Alat ukur

Karakteristik statis instrumen merupakan hubungan antara output sebuah elemen (instrumen) dengan inputnya ketika inputnya konstan maupun berubah perlahan. Karakteristik statis tidak bergantung pada waktu. Yang termasuk dalam karakteristik

statis adalah range, linieritas, sensitivitas, resolusi, akurasi, presisi, toleransi.

a. Range

Range adalah nilai minimum hingga maksimum suatu elemen. Range terdiri dari range input dan range output. Misalnya termocouple mempunyai range input 0°C - 250°C dan output range 5-20 mV.

b. Span

Span merupakan selisih nilai maksimum dengan nilai minimum. Span terdiri dari span input dan span output. Contoh, termocouple yang mempunyai range input 0°C - 250°C dan range output 5-20 mV span inputnya 250°C , span outputnya 15 mV.

c. Linieritas

Pengukuran dapat dikatakan ideal saat hubungan antara input pengukuran (nilai sesungguhnya) dengan output pengukuran (nilai yang ditunjukkan oleh alat) berbanding lurus. Linieritas merupakan hubungan nilai input dan output alat ukur ketika terletak paada garis lurus. Garis lurus ideal merupakan garis yang menghubungkan titik minimum input/output dengan titik maksimum input/output. Berikut merupakan persamaannya:

$$O_{\text{ideal}} = KI + a \quad (2.1)$$

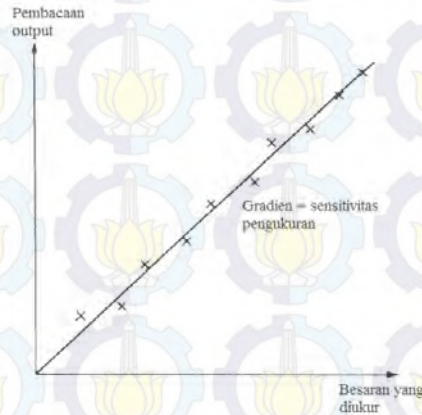
Dengan K adalah kemiringan garis, dapat diketahui melalui persamaan:

$$K = \frac{O_{\text{max}} - O_{\text{min}}}{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}} \quad (2.2)$$

Dan a adalah pembuat nol (*zero bias*), dapat dihitung dengan persamaan:

$$a = O_{\text{min}} - KI_{\text{min}} \quad (2.3)$$

Berikut merupakan grafik karakteristik statis linier suatu instrumen:



Gambar 2.3 Karakteristik output instrumen linier

d. Non – Linieritas

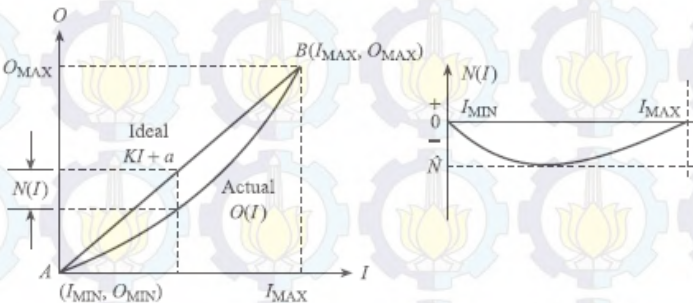
Dalam beberapa keadaan, bahwa dari persamaan linieritas muncul garis yang tidak lurus yang biasa disebut *non-linier* atau tidak linier. Didalam fungsi garis yang tidak linier ini menunjukkan perbedaan antara hasil pembacaan *actual* / nyata dengan garis lurus idealnya. Dengan persamaan sebagai berikut :

$$N(I) = O(I) - (KI + a) \quad (2.4)$$

$$O(I) = KI + a + N(I) \quad (2.5)$$

Sedangkan untuk persamaan dalam bentuk prosentase dari defleksi skala penuh, sebagai berikut:

Prosentase maksimum Nonlinieritas dari defleksi skala penuh = $\frac{\hat{N}}{O_{maks} - O_{min}} \times 100\%$ (2.6)



Gambar 2.4. Grafik non-linieritas (Bentley, 2005)

e. Sensitivitas

Sensitivitas diartikan seberapa peka sebuah sensor terhadap besaran yang diukur. Sensitivitas juga bisa diartikan sebagai perubahan output alat dibandingkan perubahan input dalam satu satuan. Sebagai contoh timbangan dengan kapasitas 700g mempunyai sensitivitas 1 mg. Ini berarti timbangan dapat digunakan untuk mengukur hingga 700g dengan perubahan terkecil yang dapat terbaca sebesar 1 mg.

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\Delta O}{\Delta I} \quad (2.7)$$

f. Resolusi

Resolusi merupakan perubahan terbesar dari input yang dapat terjadi tanpa adanya perubahan pada output. Suatu alat ukur dapat dikatakan mempunyai resolusi tinggi saat mampu mengukur dengan ketelitian yang lebih kecil. Misalkan, alat ukur yang mampu mengukur perubahan dalam mV mempunyai resolusi yang lebih tinggi dibanding alat ukur yang mengukur perubahan dalam skala volt.

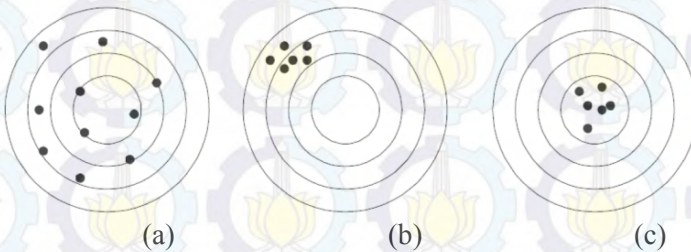
g. Akurasi

Akurasi merupakan ketepatan alat ukur untuk memberikan nilai pengukuran yang mendekati nilai sebenarnya. Karena pada eksperimen nilai sebenarnya tidak pernah diketahui oleh sebab itu

diganti dengan suatu nilai standar yang diakui secara konvensional. Contohnya termometer dengan skala 0°C - 150°C mempunyai akurasi 1°C , ini berarti jika termometer menunjukkan nilai 80°C maka nilai sebenarnya adalah 79°C - 81°C .

h. Presisi

Presisi adalah kemampuan instrument/elemen untuk menampilkan nilai yang sama pada pengukuran berulang singkat.



Gambar 2.5 Penjelasan Akurasi dan Presisi (a) akurasi rendah, presisi rendah (b) akurasi rendah, presisi tinggi (c) akurasi tinggi presisi tinggi

2.5 Analisis Ketidakpastian

Ketidakpastian adalah nilai ukur sebaran kelayakan yang dapat dihubungkan dengan nilai terukurnya. Dimana di dalam nilai sebaran tersebut terdapat nilai rentang yang menunjukkan nilai sebenarnya.

- Klasifikasi ketidakpastian, antara lain :
 - **Tipe A** : nilai ketidakpastian yang dilihat dari analisis pengukuran statistik (*ISO GUM B 2.15*; *VIM 3.5* dalam KAN DP.01.23).
- Di dalam tipe ini dilakukan pengukuran hingga n kali, dimana dari pengukuran tersebut akan mendapatkan nilai rata-rata, standar deviasi, dan data keterulangan.

Dimana rumus umum ketidakpastian tipe A sebagai berikut :

$$- U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \text{ (Ketidakpastian hasil pengukuran)} \quad (2.8)$$

Dimana :

σ = *Standart deviasi koreksi*

n = Jumlah data

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}}{n-1} \quad (2.9)$$

$$- U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} \text{ (Ketidakpastian regresi)} \quad (2.10)$$

Dimana :

SSR (*Sum Square Residual*) = $\sum SR$ (*Square Residual*)

$SR = R^2$ (*Residu*)

$$Y_i \text{ (Nilai koreksi)} = t_i - x_i \quad (2.11)$$

$$Y_{reg} = a + (b \times t_i) \quad (2.12)$$

$$a = \bar{y}_i + (b \times \bar{t}_i) \quad (2.13)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum t_i y_i - \sum y_i \cdot \sum t_i}{n \cdot \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}; \quad (2.14)$$

Dimana :

t_i = Pembacaan standar

x_i = Pembacaan alat

y_i = Nilai koreksi

- **Tipe B** : nilai ketidakpastian yang tidak dilihat dari analisis pengukuran statistik (*ISO GUM B 2.15; VIM 3.5 dalam KAN DP.01.23*). Berikut merupakan rumus umum dari ketidakpastian tipe B :

$$- U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} \quad (2.15)$$

$$- U_{B2} = \frac{a}{k} \quad (2.16)$$

Dimana :

U_{B1} = Nilai ketidakpastian resolusi

U_{B2} = Nilai ketidakpastian dari alat standar/kalibrator

- **Ketidakpastian Baku Gabungan (Kombinasi)**

Ketidakpastian baku gabungan disimbolkan dengan U_c , dimana nilai ketidakpastian yang digunakan untuk mewakili nilai estimasi standar deviasi dari hasil pengukuran. Nilai ketidakpastian baku gabungan didapat dari menggabungkan nilai-nilai ketidakpastian baku dari setiap taksiran masukan (hukum propagasi ketidakpastian) (*ISO GUM B 2.15*; *VIM 3.5* dalam KAN DP.01.23).

Berikut merupakan rumus umum ketidakpastian baku gabungan :

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2} \quad (2.17)$$

Dimana :

U_c = Nilai ketidakpastian kombinasi

U_{A1} = Nilai ketidakpastian hasil pengukuran

U_{A2} = Nilai ketidakpastian regresi

U_{B1} = Nilai ketidakpastian resolusi

U_{B2} = Nilai ketidakpastian kalibrator

- **Derajat Kebebasan Efektif**

Derajat kebebasan efektif ini berfungsi sebagai pemilihan faktor pengali untuk distribusi *Student's T* serta sebagai penunjuk perkiraan kehandalan ketidakpastian (*ISO GUM B 2.15*; *VIM 3.5* dalam KAN DP.01.23). Derajat kebebasan disimbolkan dengan v , dengan rumus sebagai berikut :

$$V = n-1 \quad (2.18)$$

Dimana :

n = Jumlah data

Sedangkan untuk derajat kebebasan efektif merupakan estimasi dari derajat kebebasan ketidakpastian baku gabungan yang dirumuskan sebagai berikut (rumus *Welch-Setterthwaite*):

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / v_i} \quad (2.19)$$

Dimana :

V_{eff} = Derajat kebebasan efektif dari ketidakpastian kombinasi

v_i = Derajat kebebasan dari komponen ketidakpastian ke-i

U_i = Hasil ketidakpastian tipe A dan B

Setelah ditentukan nilai derajat kebebasan efektif, maka dapat dilanjutkan dengan menghitung nilai faktor cakupan sesuai dengan tingkat kepercayaan yang diinginkan, dimana faktor cakupan (k) didapat dari tabel *T-students*.

- Ketidakpastian Diperluas, U_{exp}

Ketidakpastian diperluas merupakan akhir nilai ketidakpastian dengan tingkat kepercayaan. Tingkat kepercayaan tingkat keyakinan mengenai daerah nilai sebenarnya pada suatu pengukuran (LPF, 2013).

$$U_{exp} = k \times U_c \quad (2.20)$$

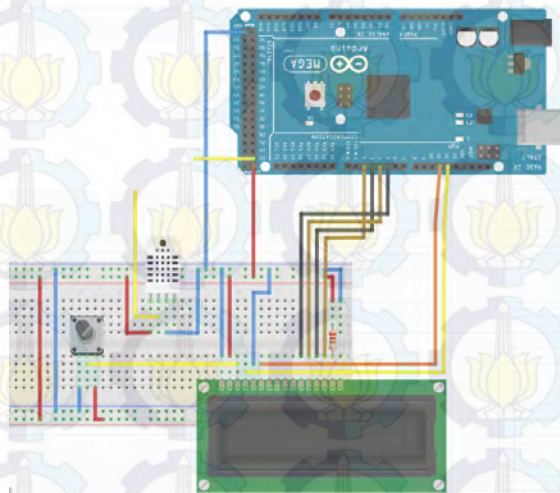
Dimana :

k = Faktor cakupan

U_c = Nilai ketidakpastian kombinasi

2.6 Sensor DHT22

DHT-22 adalah sensor digital yang akan digunakan pada pembuatan sistem monitoring untuk temperatur dan kelembaban. Pada alat ini akan dilakukan pengukuran kelembaban nisbi (*Relative Humidity*). Alat ini mempunyai *range* pengukuran dari 0-100% RH dan akurasi RH absolut $\pm 2\%$ RH. Sedangkan akurasi pengukuran temperature $\pm 0.5^\circ\text{C}$ pada temperature $-40^\circ - 80^\circ\text{C}$. Modul DHT-22 ini sudah menghasilkan output digital yang sudah terkalibrasi, sehingga tidak memerlukan rangkaian ADC (*Analog to Digital Converter*). Rangkaian pembuatan sistem monitoring temperatur dan kelembaban dapat dilihat pada gambar



Gambar 2.6 Rangkaian DHT-22 dan Arduino Mega 2560

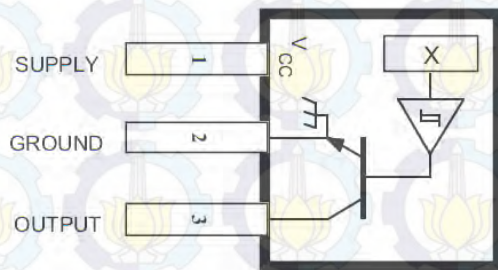
Prinsip kerja dari alat ini adalah sensor DHT-22 akan membaca temperatur dan kelembaban. *Sensing element* dari sensor ini terdapat 2 macam, yaitu kapasitif sensor untuk *sensing* kelembaban, dan NTC (*Negative Temperature Coefficient*) untuk *sensing* suhu. Kapasitif sensor bekerja berdasarkan perubahan konstanta dielektrika yang berbanding lurus dengan besarnya uap air yang diterima oleh sensor. Sedangkan NTC adalah sensor yang besarnya keluaran resistansi berbanding terbalik dengan temperatur/suhu, semakin besar suhu maka akan semakin kecil resistansi yang dikeluarkan.

Di dalam DHT-22 ini sudah terdapat pengkondisian sinyal dan sudah menghasilkan keluaran berupa sinyal digital. Kemudian *output* dari sensor, masuk ke arduino untuk diolah datanya dan diberi program untuk memproses sinyal tersebut agar bisa ditampilkan. Lalu sinyal keluaran dari arduino masuk ke LCD sebagai *display* untuk menampilkan besaran temperatur dan kelembaban yang telah diukur. Sehingga dari LCD dapat dilihat besaran temperatur dalam satuan $^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban dalam

satuan RH%. Dengan adanya alat ini diharapkan dapat memonitoring temperatur dan kelembaban yang berada di *ducting AC Lab. Unit PA Hilton A575*.

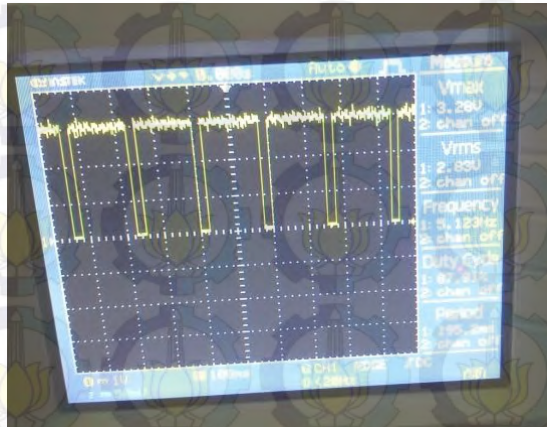
2.7 Sensor Hall Effect

Sensor *Hall Effect* dirancang untuk merasakan adanya objek magnetis dengan perubahan posisinya. Perubahan medan magnet yang terus menerus menyebabkan timbulnya pulsa yang kemudian dapat ditentukan frekuensinya, sensor jenis ini biasa digunakan sebagai pengukur kecepatan. Sensor *Hall Effect* digunakan untuk mendeteksi kedekatan (*proximity*), kehadiran atau ketidakhadiran suatu objek magnetis yang menggunakan suatu jarak kritis.



Gambar 2.7 Sensor *Hall Effect* 3141

Output sensor *hall effect* adalah berupa tegangan, dikarenakan kebutuhan *signal processing* adalah sinyal digital, maka output *hall effect* sensor dimasukkan ke rangkaian komparator. Sehingga, output yang akan dihasilkan adalah sinyal *low* dan sinyal *high*.



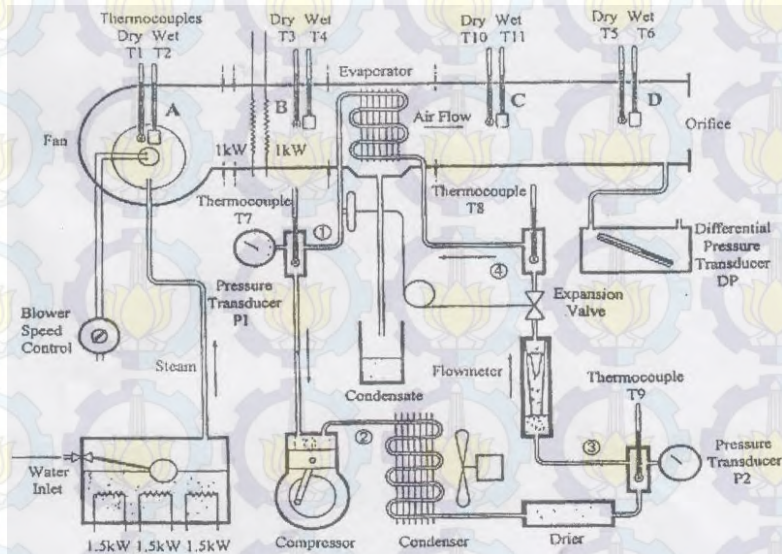
Gambar 2.8 Sinyal *output* dari sensor *hall effect magnetic*

Gambar 2.8 menunjukkan hasil dari uji sensor *hall effect* ketika sudah menjadi modul. Sinyal *low* (0 volt) dan sinyal *high* (5 volt) digambarkan pada gambar tersebut. Dari hasil sinyal kotak (*discrete*) akan diambil salah satu bagiannya, antara *Rising* atau *Falling*. Perhitungan Rpm dapat dilakukan dengan cara menghitung frekuensi dari sinyal tersebut, dan hasilnya dikalikan dengan 60, karena merupakan per detik.

2.8 *Air Conditioning Laboratory Unit PA Hilton A575*

Air conditioning laboratory unit atau yang biasa disebut dengan *AC Lab. Unit* merupakan sebuah simulator pengkondisian udara yang dilengkapi dengan berbagai proses – proses psikometrik. Proses – proses psikometrik seperti pemanasan (*heating*), pendinginan (*cooling*), penambahan dan pengurangan kandungan air (*humidifying – dehumidifying*). *AC Lab. Unit* terdiri atas komponen – komponen penyusun pengkondisian udara, seperti kompresor, kondensor, evaporator, *heater*, *blower fan* dan *water heating*. Selain untuk mendemonstrasikan sistem – sistem pengkondisian udara, juga dapat dilakukan pengukuran yang berkaitan dengan pengkondisian udara seperti temperatur

(*temperature*) dan kelembaban (*humidity*), tekanan (*pressure*) dan lain-lain.



Gambar 2.9 Skema Peralatan *AC Laboratory Unit PA Hilton A575*

2.9 Kenyamanan Termal (*Thermal Comfort*)

Kenyamanan termal adalah suatu kondisi termal yang dirasakan oleh manusia tetapi dikondisikan oleh lingkungan dan benda-benda di sekitar arsitekturnya. Menurut Lipsmeier (1994) menunjukkan beberapa penelitian yang membuktikan batas kenyamanan (dalam Temperatur Efektif/TE) berbeda-beda tergantung kepada lokasi geografis dan subyek manusia (suku bangsa) yang diteliti seperti pada tabel di bawah ini:

Pengarang	Tempat	Kelompok Manusia	Batas Kenyamanan
ASHRAE	USA	Peneliti	20,5°C - 24,5°C TE
Rao	Selatan (30° LU) Calcutta (22°LU)	India Malaysia	20°C - 24,5°C TE
Webb	Singapura	Cina	25°C - 27°C TE
Mom	Khatulistiwa Jakarta (6°LS)	Indonesia	20°C - 26°C TE
Ellis	Singapura Khatulistiwa	Eropa	22°C - 26°C TE

Gambar 2.10 Batas Kenyamanan (dalam Temperatur Efektif/TE)

Dari referensi SNI Konservasi Sistem Tata Udara Bangunan Gedung, untuk memenuhi kenyamanan termal pengguna bangunan, kondisi perencanaan gedung yang berada di wilayah dataran rendah adalah berkisar 24⁰C hingga 27⁰C atau 25,5⁰C ± 1,5⁰C, dengan kelembapan relatif 60% ± 5%.

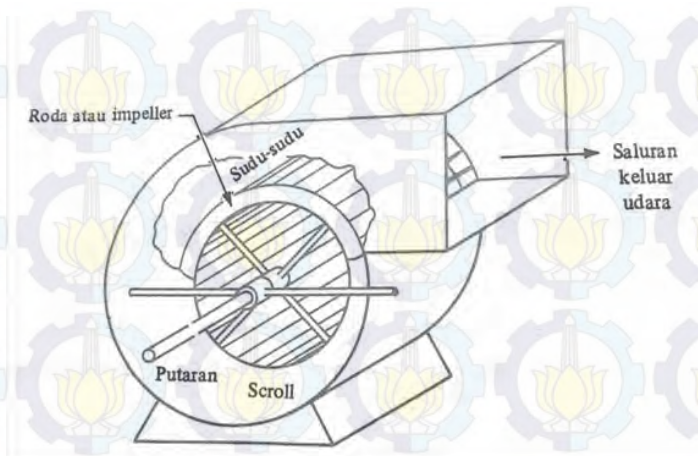
Dalam penyegaran udara, udara bergerak di dalam ruangan merupakan udara campuran (udara total) dari udara segar yang masuk kedalam ruangan melalui lubang keluar (udara primer) dan udara ruangan yang terinduksi (udara sekunder). Kecepatan sumbu arus udara yang masuk dan mencapai bagian yang digunakan adalah 0,25 m/s. Kecepatan udara masuk ruangan biasanya dibatasi, karena kecepatan yang terlalu tinggi akan menyebabkan kebisingan. Tabel 2 memberikan besarnya kecepatan keluar yang diperbolehkan

Tabel 2. Kecepatan Keluar Yang Disarankan

Aplikasi	Kecepatan Keluar (m/s)
Tempat tinggal, apartemen, gereja, kamar tidur di hotel, kantor pribadi	2,5 – 3,75
Studio siaran radio	1,5 – 2,5
Gedung Umum	5,0 – 6,25
Gedung Bioskop	5,0
Gudang Lantai Atas	7,5
Gudang Lantai Utama	10,0

2.10 Kipas Sentrifugal (*Centrifugal Fan*)

Kipas sentrifugal adalah salah satu bentuk kipas yang sering digunakan pada sistem pengkondisian udara. Kerja dari kipas sentrifugal adalah sebagai berikut, udara memasuki kipas sentrifugal secara parsial, kemudian diputar dan digerakkan mendekati arah radial ke dalam sudu – sudu (*blades*) seperti pada gambar 9.2. Udara meninggalkan sudu – sudu dan memasuki *scroll* yang menyalurkan udara disekitar lingkaran roda dan mengarahkannya ke jalan keluar. Suatu kipas dapat mempunyai jalan masuk tunggal atau kembar, tergantung pada jalan masuk udara ke *impeller*, dari satu sisi atau dari ke dua sisinya. Arah buang yang umum adalah horizontal, tetapi pada pemakaian tertentu membutuhkan arah buang yang tidak horizontal.



Gambar 2.11 Kipas Sentrifugal

2.11 Hukum – Hukum Kipas

Hukum – hukum kipas merupakan kumpulan relasi untuk melakukan taksiran kpengaruh kuantitas seperti kondisi udara, kecepatan putar, dan ukuran kipas terhadap prestasi kipas tersebut. Oleh karena itu, hukum – hukum kipas merupakan satu komponen penting dalam proses perangkaian sistem pengkondisian udara. Berikut merupakan notasi – notasi pada hukum – hukum kipas.

Q = Laju Aliran volume (m^3/s)

ω = Kecepatan putar (putaran/s)

ρ = rapat massa udara (kg/m^3)

SP = kenaikan tekanan statik melalui kipas (Pa)

P = daya yang dibutuhkan oleh kipas (W)

Hukum hukum kipas ini berlaku pada sistem yang konstan. Sistem konstan yang dimaksud adalah sistem yang tidak mempunyai perubahan pada saluran dan sambungan-sambungan.

Hukum – hukum kipas akan dijelaskan dibawah ini, ~ dibaca “berubah terhadap”

a. Hukum 1

Kecepatan putar berubah –ubah, massa jenis udara tetap

$$Q \sim \omega \quad (2.21)$$

$$SP \sim \omega^2 \quad (2.22)$$

$$P \sim \omega^3 \quad (2.23)$$

b. Hukum 2

Massa jenis udara berubah-ubah, laju alir volume tetap

$$Q = \text{Tetap} \quad (2.24)$$

$$SP \sim \rho \quad (2.25)$$

$$P \sim \rho \quad (2.26)$$

c. Hukum 3

Massa Jenis udara berubah-ubah, tekanan statik tetap

$$Q \sim \frac{1}{\sqrt{p}} \quad (2.27)$$

$$SP = \text{Tetap} \quad (2.28)$$

$$\omega \sim \frac{1}{\sqrt{p}} \quad (2.29)$$

$$P \sim \frac{1}{\sqrt{p}} \quad (2.30)$$

Manfaat dari hukum - hukum ini terdapat pada kemampuannya untuk meramalkan perubahan – perubahan yang terjadi pada kipas dari kondisi dasar. Hukum 1 menerangkan bahwa apa yang terjadi bila kecepatan kipas berubah-ubah. Hukum 2 menjelaskan pada perhitungan perubahan tekanan statik dan dayan pada kecepatan tetap. Sedangkan hukum 3 menjelaskan bahwa perubahan kecepatan diperlukan untuk mempertahankan suatu kenaikan tekanan yang tetap, bila rapat massa udara berbeda dari kondisi dasar.

2.12 Arduino Mega 2560

Arduino adalah suatu sistem pengendali berukuran mikro yang sumber kodenya dapat diakses secara umum (*open-source*), perancangan Arduino dibuat untuk mempermudah dalam penggunaan elektronik dalam segala bidang. Pada *hardware* Arduino menggunakan *processor* berbasis AVR dari pabrikan ATMEL dan *software* Arduino menggunakan bahasa pemrograman tersendiri serta dapat dijalankan pada *linux*, *windows*, serta *mac*. Arduino memiliki beberapa macam, namun pada bahasan ini menggunakan jenis *Arduino Mega USB Microcontroller (ATMEGA 2560)*. *Arduino Mega USB Microcontroller (ATMEGA 2560)* adalah suatu mikrokontroler yang menggunakan *ATMEGA 2560* dengan fitur yang dimiliki yaitu 54 *input/output* digital dengan 16 pin sebagai pin *output* PWM (*Pulse Width Modulation*), 16 pin sebagai *input analog*, 16 MHZ osilator kristal, USB koneksi, power, ICSP, serta tombol reset.



Gambar 2.12 Board Arduino Mega 2560

2.13 LCD (*Liquid Crystal Display*)

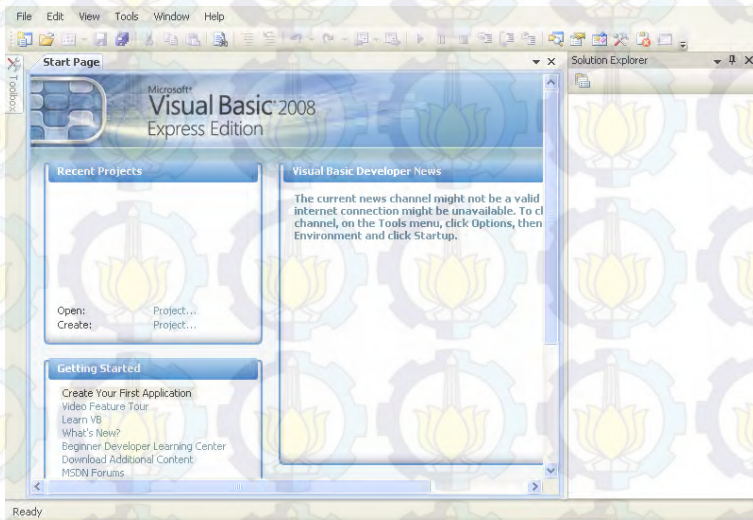
Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. Di dalam LCD ini memiliki beberapa pin data, pengatur kecerahan layar atau kontras layar, serta pengendali catu daya.



Gambar 2.13 LCD (*Liquid Cristal Display*) 16 x 2

2.14 Visual Studio 2008

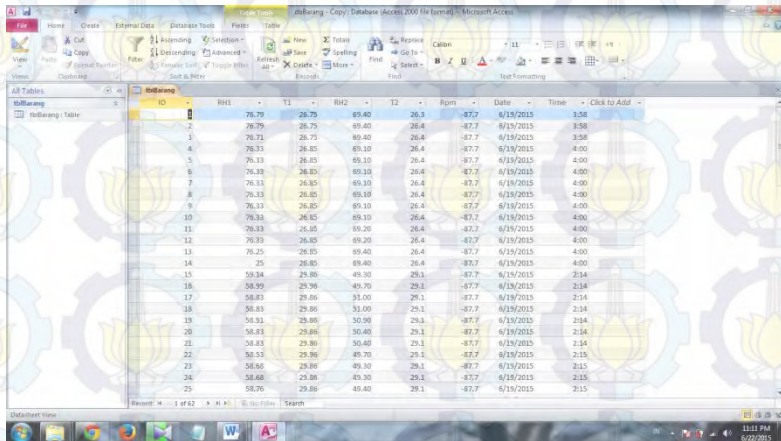
Microsoft Visual Studio.NET adalah sekumpulan pengembangan peralatan untuk membuat aplikasi *Web*, *ASP.NET*, *XML Web Services*, aplikasi *desktop*, serta aplikasi *mobile* sekalipun. Di dalam *Visual studio* ini terdapat bahasa pemrograman *.NET* yaitu *Visual basic*, *Visual C++*, *Visual C#(CSharp)*, dan *Visual J#(JSharp)*. Didalam tugas akhir ini menggunakan *Visual Basic.NET* sebagai bahasa pemrogramannya. Diman *Visual Basic.NET* ialah bahasa pemrograman yang dapat digunakan sebagai pembangun aplikasi-aplikasi *.NET* di *Microsoft.NET*.



Gambar 2.14 *Visual Studio 2008*

2.15 Microsoft Acces

Microsoft acces merupakan salah satu fitur yang diberikan dari *microsoft* untuk mengolah data khususnya pada bidang database. Banyak aplikasi database yang beredar selain *ms.acces*, seperti *mysql*. *Ms.Acces* mempunyai fitur-fitur sederhana yang dapat mudah dimengerti oleh user. Komponen – komponen utama pada *ms.acces* adalah *table*, *Query (SQL/Structured Query language)*, *form*, dan *report*. Tipe – tipe data yang dapat diolah dalam *ms.acces* adalah *text*, *memo*, *number*, *date/time*, *currency*, *auto number*, *yes/no*, *Ole Object*, *hyperlink*, *lookup wizard*.



ID	R11	T1	R12	T2	Rpm	Date	Time
1	76.79	26.75	69.40	26.3	-87.7	6/19/2015	3:58
2	76.79	26.75	69.40	26.4	-87.7	6/19/2015	3:58
3	76.71	26.75	69.40	26.4	-87.7	6/19/2015	3:58
4	76.71	26.85	69.10	26.4	-87.7	6/19/2015	4:00
5	76.13	26.85	69.10	26.4	-87.7	6/19/2015	4:00
6	76.33	26.85	69.10	26.4	-87.7	6/19/2015	4:00
7	76.13	26.85	69.10	26.4	-87.7	6/19/2015	4:00
8	76.13	26.85	69.18	26.4	-87.7	6/19/2015	4:00
9	76.13	26.85	69.10	26.4	-87.7	6/19/2015	4:00
10	76.33	26.85	69.10	26.4	-87.7	6/19/2015	4:00
11	76.33	26.85	69.20	26.4	-87.7	6/19/2015	4:00
12	76.33	26.85	69.20	26.4	-87.7	6/19/2015	4:00
13	76.25	26.85	69.40	26.4	-87.7	6/19/2015	4:00
14	25	26.80	69.40	26.4	-87.7	6/19/2015	4:00
15	59.34	29.89	49.30	29.3	-87.7	6/19/2015	2:14
16	58.99	29.96	49.70	29.3	-87.7	6/19/2015	2:14
17	58.83	29.86	50.00	29.3	-87.7	6/19/2015	2:14
18	58.83	29.86	50.00	29.3	-87.7	6/19/2015	2:14
19	58.93	29.86	50.90	29.3	-87.7	6/19/2015	2:14
20	58.83	29.86	50.40	29.3	-87.7	6/19/2015	2:14
21	58.83	29.86	50.40	29.3	-87.7	6/19/2015	2:14
22	58.93	29.98	49.70	29.3	-87.7	6/19/2015	2:15
23	58.80	29.89	49.30	29.3	-87.7	6/19/2015	2:15
24	58.68	29.88	49.30	29.3	-87.7	6/19/2015	2:15
25	58.70	29.86	49.40	29.3	-87.7	6/19/2015	2:15

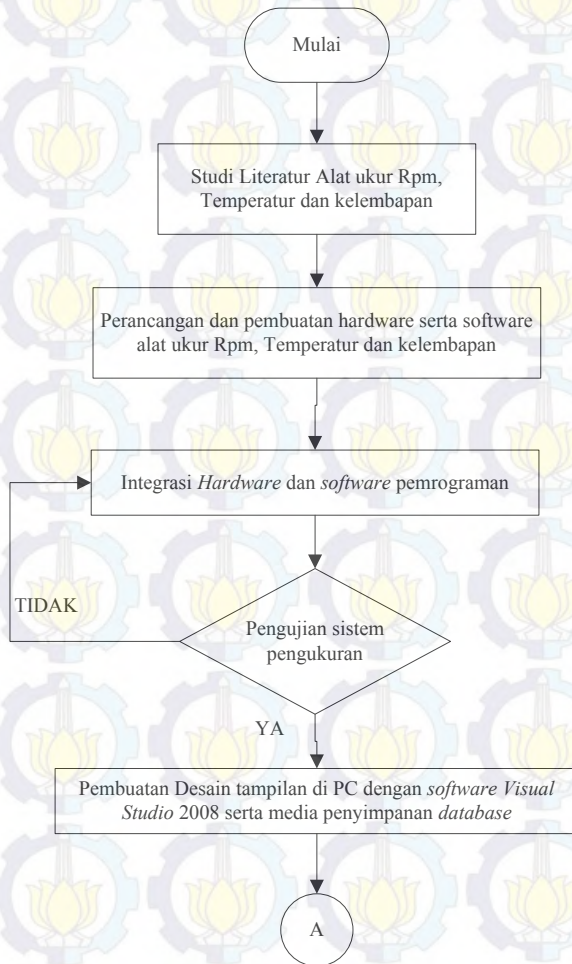
Gambar 2.9 Tampilan *Microsoft Acces*

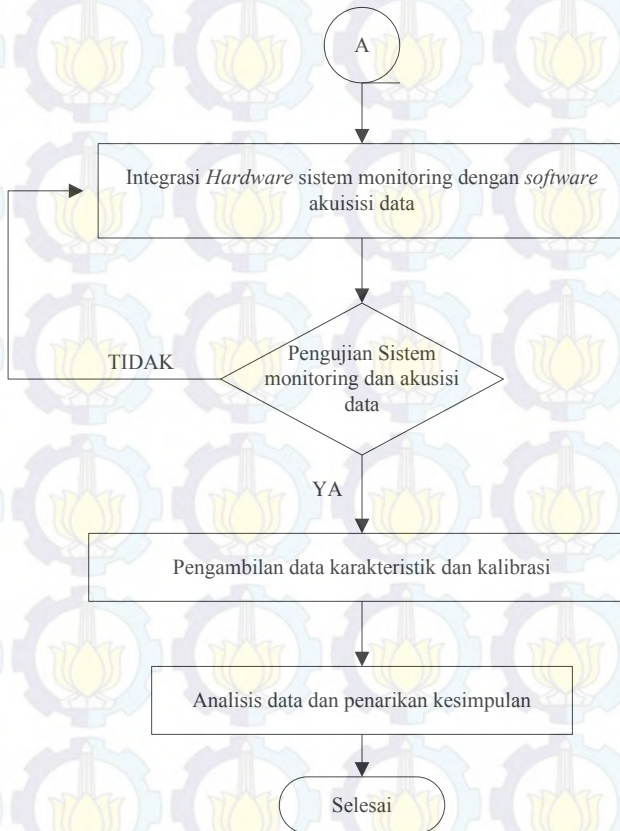
BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1. Diagram Alir (*Flowchart*)

Tahapan penelitian Tugas Akhir ini, secara umum dapat digambarkan dalam *flowchart* seperti dibawah ini.





Gambar 3.1 *Flowchart* Tugas Akhir

3.2. Keterangan Flowchart

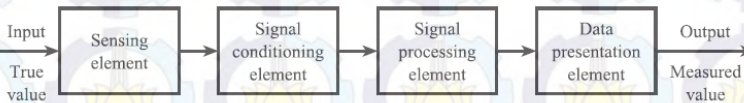
3.2.1 Studi Literatur Alat Ukur Rpm, Temperatur dan Kelembaban

Mempelajari literatur dari penelitian – penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya mengenai pembuatan alat ukur rpm, temperatur dan kelembaban serta proses monitoring dan akuisisi data. Selain belajar sistem pada perancangan alat ukur,

juga mencari literatur – literatur yang berkaitan dengan elemen-elemen yang digunakan dalam pembuatan alat ukur rpm, temperatur dan kelembaban ini, misalnya *datasheet* sensor dan karakteristik mikrokontroller.

3.2.2 Perancangan dan Pembuatan *Hardware* serta *Software* Alat ukur Rpm, Temperature dan Kelembaban

Pada perancangan dan pembuatan *hardware* serta *software* terdapat beberapa tahap, yaitu pembuatan rangkaian sensor DHT22 dan sensor *Hall Effect Magnetic*, kemudian masuk ke pemrograman mikrokontroller arduino untuk pengolahan data dari sensor. Pada perancangan sistem monitoring rpm, temperatur dan kelembaban ini terdapat diagram blok pengukuran. Berikut merupakan diagram blok sistem pengukuran secara umum.



Gambar 3.2 Diagram Blok Alat Ukur Rpm, Temperatur dan Kelembaban

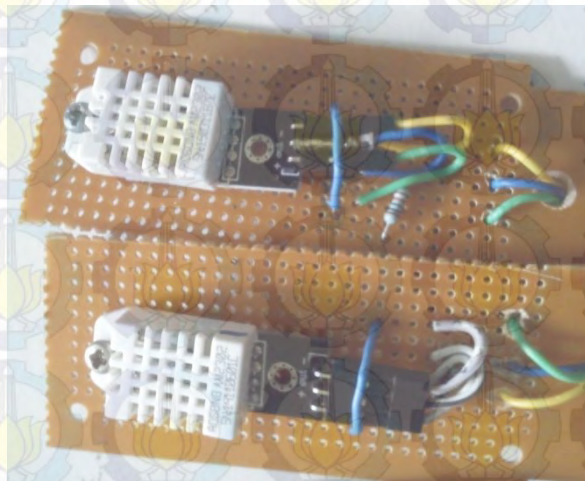
Diagram blok tersebut menjelaskan mengenai alur pengukuran yang dilakukan oleh sensor. Mulai dari input, sensor (*sensing element*), pengkondisian sinyal (*signal conditioning element*), pemrosesan sinyal (*signal processing element*), dan penampil data (*data presentation element*).

a. Perancangan dan Pembuatan Alat (*Hardware*)

Alat ukur rpm, temperatur dan kelembaban ini menggunakan dua sensor sekaligus, yaitu DHT22 dan *Hall Effect Magnetic*. DHT22 berfungsi sebagai sensor untuk mengukur temperatur dan kelembaban relatif (RH), sedangkan *hall effect magnetic*

berfungsi sebagai sensor untuk mengukur kecepatan rpm. Pada diagram blok pengukuran diatas, kedua sensor tersebut termasuk bagian *sensing element*.

Pengukuran temperatur dan kelembaban dilakukan oleh sensor DHT22. Sensor DHT22 dirangkai pada sebuah modul sensor, yang nantinya *output* dari sensor DHT22 sudah merupakan *digital output*. Setelah mendapatkan keluaran digital output, maka tahap selanjutnya adalah pemrosesan sinyal. Pemrosesan sinyal dilakukan oleh mikrokontroller arduino mega 2560. Sinyal digital yang diterima adalah berupa bilangan digital dimana bilangan digital tersebut menunjukkan pengukuran temperatur dan kelembaban. Maka, agar dapat ditampilkan dalam angka, sinyal tersebut diolah di arduino mega2560. Perhitungan konversi dari data digital menjadi bilangan desimal dapat dilihat pada lampira *datasheet*. Setelah diolah, untuk penampilan data digunakan LCD (*Liquid Crystal Display*) serta *interfacing* pada visual studio 2008.



Gambar 3.3 Rangkaian Modul Sensor DHT22

Sedangkan untuk pengukuran rpm, digunakan sensor *hall effect magnetic* untuk *element sensing*. Output dari sensor *hall effect* merupakan tegangan. Sensor *hall effect* akan bereaksi ketika disekitar sensor terdapat medan magnet. Tegangan keluarannya sekitar 5 volt. Dikarenakan kebutuhan inputan untuk mikrokontroller arduino mega 2560 adalah *digital output*, maka diberikan *signal conditioning* berupa rangkaian *comparator*. Rangkaian *comparator* berfungsi untuk membandingkan tegangan inputan dan tegangan referensi, tujuannya adalah mendapatkan *digital output*, yaitu 0 volt (*low signal*) atau 5 volt (*high signal*). Saat keadaan sensor tidak terkena medan magnet, maka keluaran sebesar 5 volt, dan ketika terkena medan magnet, outputan berubah menjadi 0 volt.



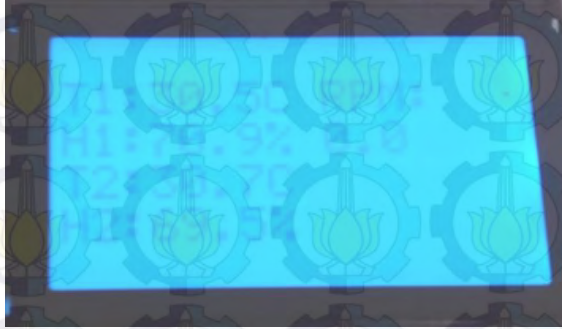
Gambar 3.4 Rangkaian Modul Sensor *Hall Effect*

Dikarenakan pada *plant* tempat untuk peletakan modul sensor *hall effect* belum tersedia, maka dibuatkan tempat peletakan berupa statis. Berikut merupakan dokumentasi dari statis sensor *hall effect*.



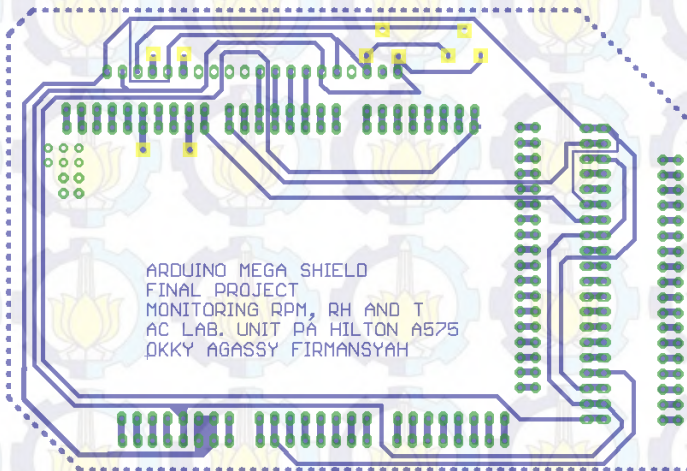
Gambar 3.5 Rangkaian Pendukung Fungsi Modul Sensor *Hall Effect*

Setelah *sensing element* dan *signal conditioning*, tahap selanjutnya adalah masuk ke *signal processing*. *Signal processing* dilakukan oleh mikrokontroller arduino mega 2560. *Signal processing* bekerja dengan koding program IDE Arduino fitur *intterrupt*. Fitur *intterrupt* merupakan penggabungan dua proses, yaitu proses utama, dan proses penyelaan program sampingan. Program utama pada koding berfungsi sebagai penghitung rpm. Peritungan dilakukan dengan cara perkalian antara pulsa yang disensing oleh *hall effect* dengan waktu per menit (60 detik). Hasil data dari pemrosesan sinyal akan ditampilkan oleh LCD (*Liquid Crystal Display*) seperti pada gambar dibawah ini.



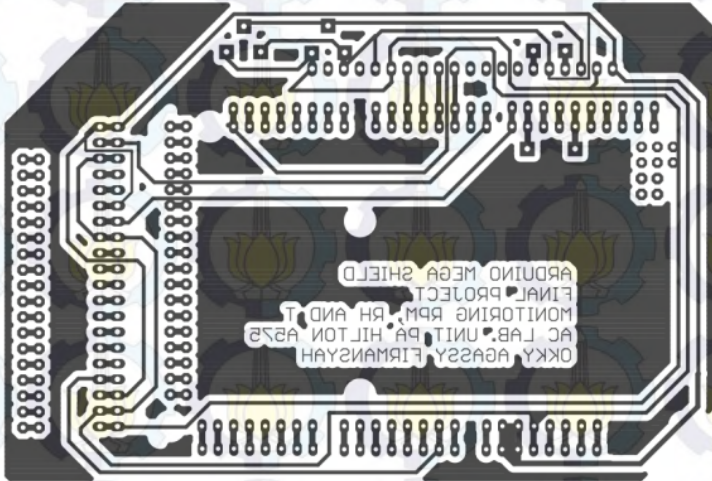
Gambar 3.6 *Display Hardware* alat ukur rpm, temperatur dan kelembaban

Untuk merangkai ketiga sensor tersebut dengan arduino, dibutuhkan hardware tambahan, yaitu sebuah *shield arduino*. Shield arduino merupakan komponen tambahan yang diperlukan. Dalam pembuatannya, skematik komponen dibuat pada *software eagle*.

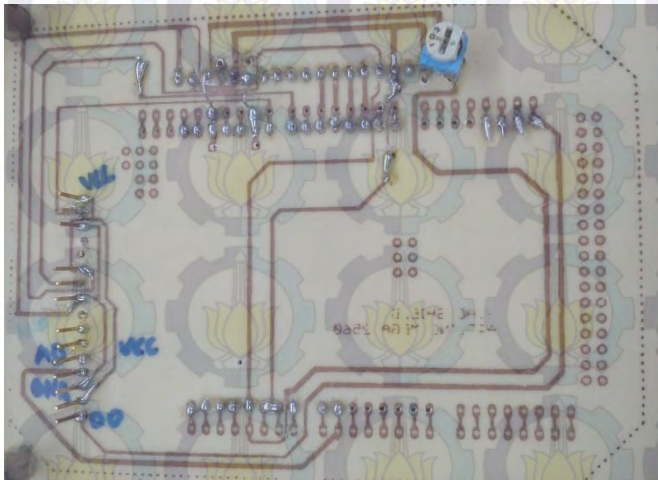


Gambar 3.7 Skematik *shield arduino* pada *software eagle*

Setelah dibuat skematik pada *software eagle*, dicetak pada kertas art paper dan kemudian dicetak pada pcb (*printed circuit board*). Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.8 dan Gambar 3.9



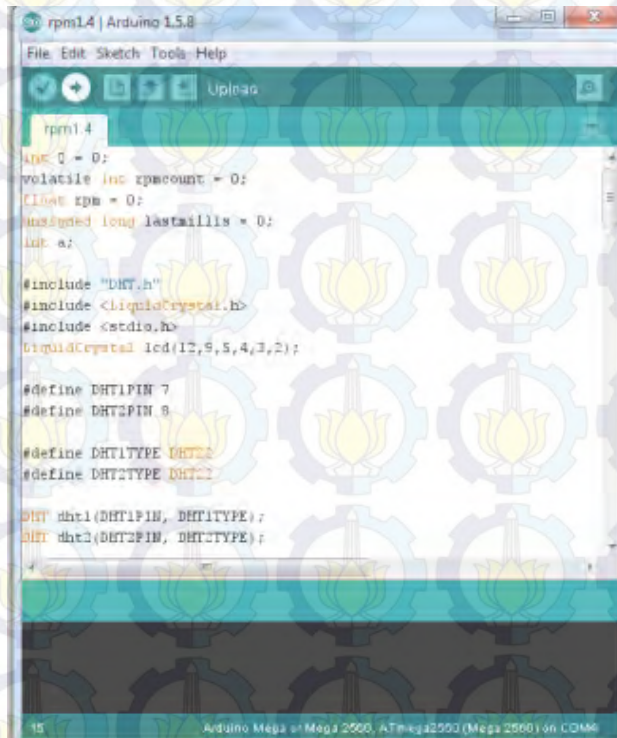
Gambar 3.8 *Shield Arduino* (dalam proses pengerjaan)



Gambar 3.9 *Shield Arduino (Hardware)*

b. Perancangan dan Pembuatan Alat (*Software*)

Perancangan *software* pada tahap ini merupakan siklus gabungan untuk rangkaian pemrosesan sinyal. Rangkaian pemrosesan sinyal pada alat ini menggunakan arduino mega 2560. Untuk membuat program pada arduino mega 2560, dibutuhkan *software* arduino 1.5.8. Pada program ini, akan diberikan koding untuk mengolah sinyal masukan. Sinyal masukan dari kedua *sensing element*, sudah merupakan sinyal digital. Jadi, pada *programming* arduino digunakan fitur *read digital*.



Gambar 3.10 *Software* arduino 1.5.8

3.2.3 Integrasi *Hardware* dan *Software* Pemrograman

Ketika *coding* program sudah jadi maka dilakukan pengintegrasian antara *hardware* dengan *software*. Didalam *software* dilakukan penyamaan *Port Personal Computer (PC)* yang digunakan untuk melakukan proses *uploading* program yang ada ke mikro *chip* Arduino Mega 2560.

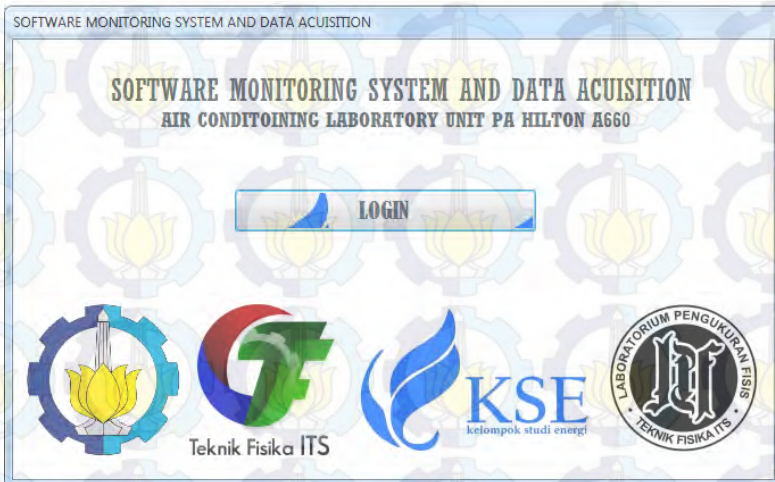
Penyesuaian *interface* antara *software* arduino dan *hardware* arduino dapat dikonfigurasi melalui fitur COM. Jika sudah berhasil, maka hasil program dapat dilihat pada LCD ataupun dari *serial monitor software* Arduino.

3.2.4 Pengujian Sistem Pengukuran

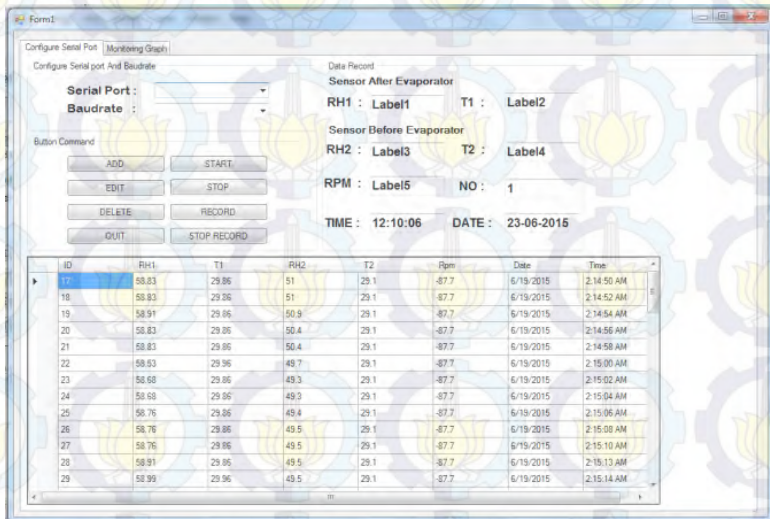
Pengujian sistem pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui sudah berjalankah atau belum hasil *uploading* program dari *software* arduino ke *hardware* arduino. Masing – masing dari *sensing element* dicoba untuk mengukur. Jika dari masing – masing *sensing element* masih belum dapat menampilkan data, maka proses pemrograman dan integrasi *software* serta *hardware* perlu diulang.

3.2.5 Pembuatan Desain tampilan di PC dengan *Software Visual Studio 2008* serta media penyimpanan *database*

Setelah dilakukan pengintegrasian *software programming* dan *hardware*, maka dilakukan pembuatan tampilan pada (*Personal Computer*) PC serta penyimpanan data secara *real time*. Pembuatan tampilan ini menggunakan *software* visual studio 2008. Pada dasarnya, visual stuido ini digunakan untuk membuat *software* akuisisi data untuk sistem monitoring rpm, temperatur dan kelembaban. Data yang akan ditampilkan secara *real time* adalah data pengukuran rpm *fan*, temperatur dan kelembapan relatif. Desain yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.11 Desain *Software* dengan VB.Net



Gambar 3.11 Desain *Software* monitoring dengan VB.Net

3.2.6 Integrasi *Hardware* Sistem Monitoring dan akuisisi data

Setelah dibuat *listing program* di *Visual Basic.NET* kemudian dilakukan penghubungan antara program *Visual Basic.NET* dengan *hardware* sistem monitoring yang telah dibuat sebelumnya.

3.2.7 Pengambilan Data Karakteristik dan Kalibrasi

Dalam tahap ini merupakan melihat spesifikasi yang dimiliki oleh sistem monitoring yang telah dibuat. Dimana dengan keterangan data tersebut dapat dilihat bagus atau tidaknya performansi karakter sistem monitoring ini. Pada karakteristik statik alat yang dicari yaitu nilai *range*, *span*, *resolusi*, *sensitivitas*, *linieritas*, *hysteresis*, serta prosentase akurasi. Sedangkan untuk data kalibrasi digunakan untuk mencari nilai ketidakpastian dari hasil pengukuran ketika menggunakan perangkat ini.

3.2.8 Analisis Data dan Penarikan Kesimpulan

Kemudian ditahap terkahir terdapat analisis data yang dihasilkan dari pembuatan sistem monitoring rpm, temperatur dan kelembaban, dilakukan penarikan kesimpulan dari semua elemen yang memperngaruhi data tersebut

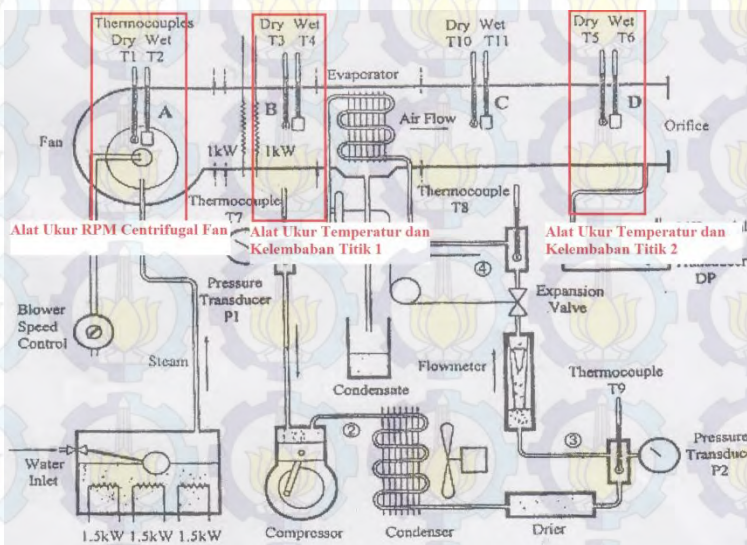
BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

4.1.1 Hasil Rancang Bangun

Penempatan masing – masing alat ukur terbagi menjadi tiga bagian, yaitu pada *centrifugal fan* untuk pengukuran rpm *fan*, titik sebelum evaporator dan titik sesudah evaporator untuk pengukuran temperatur dan kelembaban.



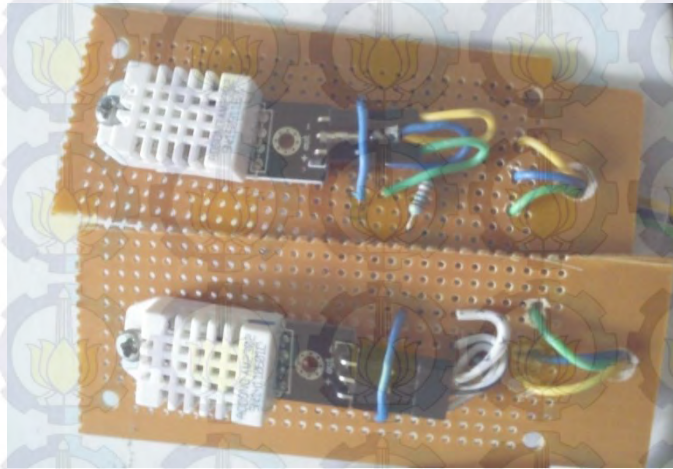
Gambar 4.1 Penempatan Alat Ukur Pada AC. Lab. Unit

Berikut merupakan hasil dari perancangan sistem monitoring rpm *fan*, temperatur dan kelembaban pada *Air Conditioning Laboratory Unit* PA Hilton A660.



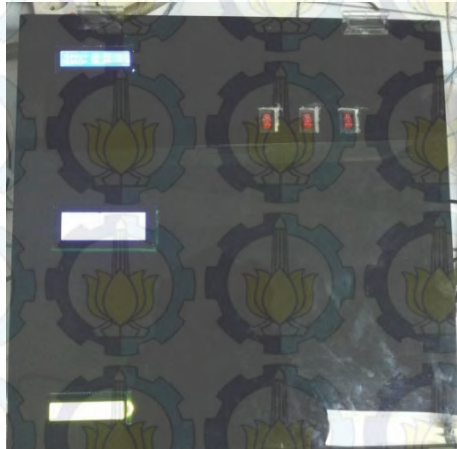
Gambar 4.2. Tampak depan pemasangan sensor *Hall effect* untuk pengukuran rpm *fan* pada *centrifugal fan*

Gambar 4.1 merupakan pemasangan alat ukur rpm pada *centrifugal fan* menggunakan statis tambahan. Untuk alat ukur temperatur dan kelembaban, dapat dilihat pada Gambar 4.2, serta *box* sistem monitoring rpm *fan*, temperatur dan kelembaban pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Alat ukur temperatur dan kelembaban

Alat ukur temperatur dan kelembaban dipasang pada 2 tempat, yaitu titik sebelum evaporator dan titik setelah evaporator dan *heater*.



Gambar 4.4. *Box* Sistem Monitoring Rpm *Fan*, Temperatur dan Kelembaban

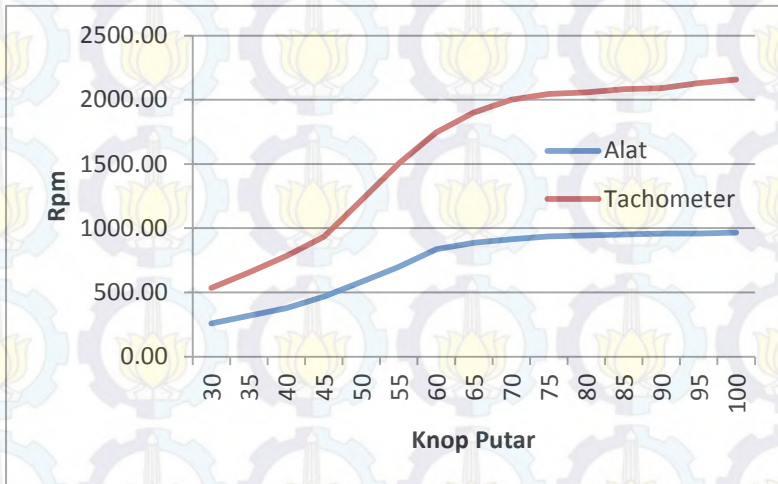
4.1.2 Rancang Bangun Alat Pengukuran Rpm

a. Pengujian Alat

Setelah dilakukan perancangan alat, dilakukan pengujian alat. Pengujian pembacaan rpm dilakukan pada rentang 30 *knop* - 100 *knop* pada *AC. Lab Unit PA Hilton A660*. Pembacaan dilakukan dengan kenaikan 5 *knop*. Pada setiap *knop* diambil data sebanyak 10 data dengan pembacaan naik dan turun. Alat Standar yang digunakan adalah *tachometer*. Berikut ini data yang diperoleh dari pengujian alat, dan grafiknya pada Gambar 4.5.

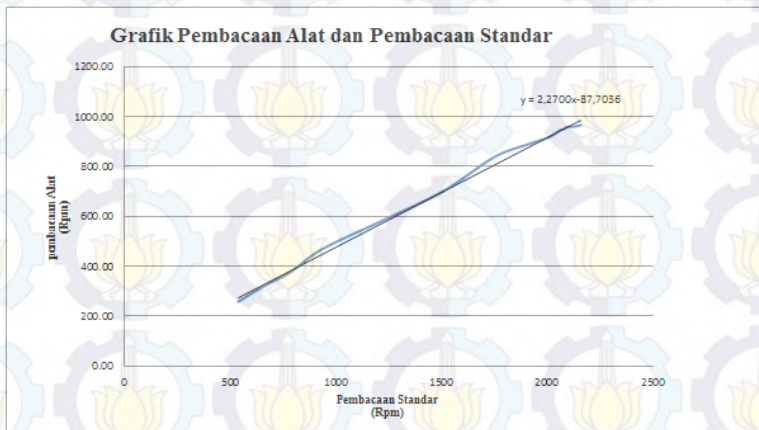
Tabel 4.1 Data Pengujian Alat

No	Knop Putar	Tachometer STD (Rpm)	Pembacaan Alat		Rata – rata (Rpm)
			Naik (Rpm)	Turun (Rpm)	
1	30	535	252	264	258
2	35	654	316	322	319
3	40	785	370	386	378
4	45	933	462	476	469
5	50	1218	570	596	583
6	55	1504	700	700	700
7	60	1747	842	832	837
8	65	1901	888	886	887
9	70	2001	914	916	915
10	75	2045	936	938	937
11	80	2058	944	946	945
12	85	2083	952	952	952
13	90	2090	958	958	958
14	95	2129	958	962	960
15	100	2158	966	966	966



Gambar 4.5 Grafik pembacaan Alat dan Pembacaan Standar

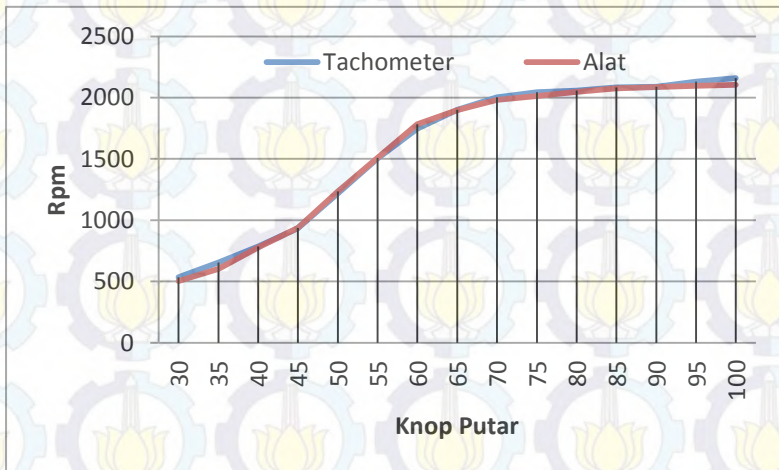
Jika tipe grafik dirubah menjadi tipe scatter, maka akan didapatkan grafik seperti dibawah ini.



Gambar 4.6 Grafik pembacaan Alat dan Pembacaan Standar

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa persamaan pengujian dari alat yang dibandingkan dengan alat ukur yang standar, dimana persamaan yang muncul akan dipakai dalam *programming* arduino. Persamaan grafik pengujian rpm yaitu $y = 2,2700x - 87,7036$ dimana y sebagai nilai dari pembacaan alat standar dan x merupakan nilai pembacaan alat. Persamaan matematik tersebut menghasilkan data pembacaan alat rpm *fan* yang sudah mendekati dengan pembacaan alat standar, *tachometer*.

Berikut adalah grafik pengujian pembacaan alat ukur rpm yang telah diberi persamaan matematik.



Gambar 4.7 Grafik pembacaan Alat dan Pembacaan Standar dengan persamaan matematik

b. Data Spesifikasi Alat

Berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengujian spesifikasi alat melalui data karakteristik statik, menghasilkan data sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data Karakteristik Statik Alat

No.	Knop Putar	Rpm STD	Pembacaan Rpm Alat		Beda Hysteresis	(STD-Alat)/STD	Non-Linieritas
			Naik	Turun			
1	30	535	536	535	29	0.0009	0.0000
2	35	654	653	656	33	0.0023	-1.9633
3	40	785	780	790	37	0.0064	-5.4231
4	45	933	932	935	41	0.0016	-1.8773
5	50	1218	1157	1280	45	0.0505	-61.7895
6	55	1504	1460	1548	49	0.0293	-44.2015
7	60	1747	1728	1766	53	0.0109	-19.1267
8	65	1901	1887	1915	57	0.0074	-14.0792
9	70	2001	1985	2018	61	0.0082	-16.5482
10	75	2045	2037	2053	65	0.0039	-8.0348
11	80	2058	2048	2069	69	0.0051	-10.5307
12	85	2083	2085	2081	73	0.0010	1.9769
13	90	2090	2094	2086	77	0.0019	3.9790
14	95	2129	2129	2130	81	0.0002	-0.5088
15	100	2158	2158	2158	85	0.0000	0.0000
Jumlah			23669	24020		0.0092	3.9790
Rata2			1577.933	1601.33333		0.1286	0.0026

Sehingga menghasilkan nilai :

- Range* : 30 knop – 100 knop/ 0 – 2200 rpm
- Span* : 70 knop/ 2200 rpm
- Resolusi : 0,01
- Non-linieritas* : 0,367%
- Histerisis : 0,0758%
- Akurasi : 99,1%
- Kesalahan : 0,009

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik alat ukur rpm berdasarkan data pada Tabel 4.1

Sensitivitas (dari data pengujian alat) :

- sensitivitas $= \frac{\Delta O}{\Delta I} = \frac{2158 - 536}{2158 - 535} = 0,999$

- *Non – Linieritas*

$$(N(I)) = O(I) - (KI + a)$$

*data yang dihitung adalah data pembacaan rpm naik

Non – linieritas maksimum per unit

$$= \frac{N}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

Dimana :

$$K \text{ (sensitivitas)} = 0,999$$

$$a \text{ (zero bias)} = O_{min} - KI_{min}$$

$$a = 535 - (0,999)(536)$$

$$a = -0,67$$

$$N \text{ (Non Linieritas Maksimum)} = 5,957$$

sehingga :

Non-linieritas maksimum per unit

$$= \frac{5,957}{2158 - 536} \times 100\% = 0,367\%$$

- Histerisis :

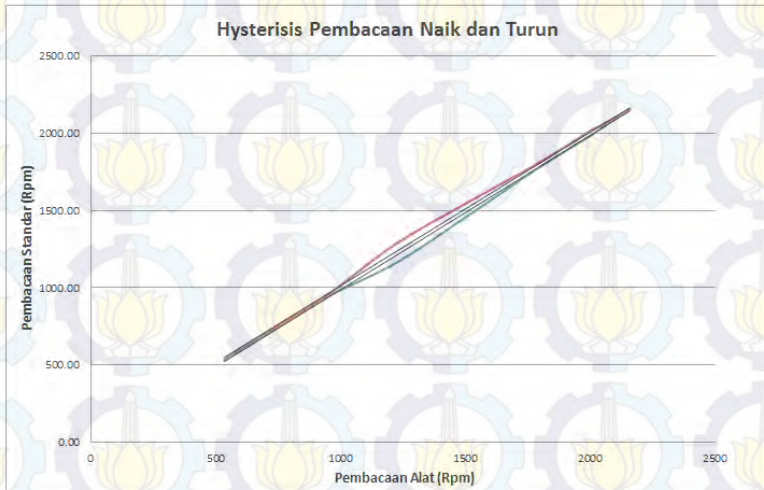
$$H(I) = O(I)_{I1} - O(I)_{I1}, \hat{H} = H(I)_{max} \text{ sehingga :}$$

% maksimum histerisis =

$$= \frac{\hat{H}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

$$= \frac{123}{2158 - 536} \times 100\% = 0,0758\%$$

Dari histerisis tersebut dapat dijadikan grafik. Berikut ini merupakan grafik histerisis dari pengukuran naik dan turun tersebut.



Gambar 4.8 Histerisis

- Akurasi :

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\%$$

Dengan :

Y_n = Pembacaan Standar

X_n = Pembacaan Alat

$$A = 1 - |0,009| \times 100\% = 99,1\%$$

Setelah diketahui karakteristik statik dari alat ukur rpm, langkah berikutnya adalah kalibrasi alat ukur. Yang digunakan sebagai kalibrator adalah *tachometer*. Berikut ini merupakan hasil pengukuran kalibrasi untuk mencari nilai ketidakpastian alat ukur.

Tabel 4.3 Data Kalibrasi

No.	Knop Putar	Standar	Alat	Y	Yreg	Residu (R)	SSR
1	30	535.00	504.77	30.23	12.31	17.92	321.14
2	35	654.00	602.38	51.62	12.31	39.31	1545.10
3	40	785.00	778.31	6.69	12.32	-5.62	31.58
4	45	933.00	938.34	-5.34	12.32	-17.66	311.81
5	50	1218.00	1234.72	-16.72	12.32	-29.04	843.38
6	55	1504.00	1509.68	-5.68	12.33	-18.01	324.42
7	60	1747.00	1783.56	-36.56	12.34	-48.89	2390.41
8	65	1901.00	1897.32	3.68	12.34	-8.66	75.02
9	70	2001.00	1982.54	18.46	12.34	6.12	37.45
10	75	2045.00	2014.06	30.94	12.34	18.60	345.88
11	80	2058.00	2047.50	10.50	12.34	-1.84	3.40
12	85	2083.00	2074.48	8.53	12.34	-3.82	14.57
13	90	2090.00	2087.14	2.86	12.34	-9.48	89.87
14	95	2129.00	2096.11	32.89	12.34	20.54	422.04
15	100	2158.00	2105.12	52.88	12.34	40.54	1643.18
Jumlah		23841.00	23656.02	184.9788		SSR ==>	8399.238
Rata-Rata		1589.40	1577.068	12.33192			

Berikut merupakan perhitungan ketidakpastian alat ukur berdasarkan tabel 4.2.

- Nilai ketidakpastian tipe A :

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}}{n - 1}$$

Dimana :

$$\sigma = 27,620$$

Sehingga nilai ketidakpastian tipe A adalah :

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$U_{a1} = \frac{27,620}{\sqrt{15}} = 7,132$$

- Sedangkan nilai ketidakpastian regresi U_{a2} adalah

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}}$$

Dimana :

SSR (*Sum Square Residual*) = Σ SR(*Square Residual*)

SR = R^2 (*Residu*)

Y_i (Nilai koreksi) = Pemb. standar (t_i) – Pemb. alat (x_i)

$$Y_{reg} = a + (b \times t_i)$$

$$a = \bar{y}_t + (b \times \bar{t}_t)$$

$$b = \frac{n \cdot \Sigma t_i y_i - \Sigma y_i \cdot \Sigma t_i}{n \cdot \Sigma t_i^2 - (\Sigma t_i)^2}; t_i = \text{Pemb. standar},$$

y_i = Nilai koreksi, n = Jumlah data

$$b = \frac{(15 \times 294111) - (184,98 \times 23841)}{(15 \times 42929989) - (23841)^2}$$

$$b = 0,00002$$

Sehingga nilai :

$$a = 12,299 + (0,00002 \times 1589,40)$$

$$a = 12,299$$

Jadi, persamaan regresi menjadi

$$Y_{reg} = (12,299) + (ti \times 0,00002)$$

Yang menghasilkan nilai SSR = 8399,2

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{8399,2}{15-2}}$$

$$U_{a2} = 25,418$$

- Nilai ketidakpastian tipe B

Pada ketidakpastian tipe B ini terdapat 2 parameter ketidakpastian, yaitu ketidakpastian Resolusi (U_{B1}) dan ketidakpastian alat standar *tachometer* (U_{B2}). Berikut ini adalah perhitungan ketidakpastian tipe B :

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{1}{2} \times 0,01}{\sqrt{3}} = 0,003$$

$$U_{B2} = \frac{a}{k},$$

dikarenakan pada alat standar terdapat sertifikat kalibrasinya maka nilai a (ketidakpastian sertifikat kalibrasi) dianggap mendekati 0, dan nilai faktor cakupan dianggap 2,0. Sehingga hasil : $U_{B2} = 0$

- Nilai ketidakpastian kombinasi U_c :

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2}$$

$$U_c = \sqrt{7,132^2 + 25,418^2 + 0,003^2 + 0^2}$$

$$U_c = 26,40$$

Dengan kondisi V atau derajat kebebasan dari kedua tipe ketidakpastian, sebagai berikut :

$V = n-1$, sehingga :

$V_1 = 14$; $V_2 = 14$; $V_3 = \infty$; $V_4 = 60$ (berdasarkan table T)

Dengan nilai V_{eff} (Nilai derajat kebebasan efektif) sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / V_i}$$

$$V_{eff} = \frac{(26,40)^4}{(7,132)^4 / 14 + (25,418)^4 / 14 + (0,003)^4 / \infty + (0,00)^4 / 60}$$

$V_{eff} = 16,19$, sehingga jika dibulatkan menjadi 16, dimana pada table *T-student* menghasilkan nilai k (faktor koreksi) sebesar 1,746.

Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian diperluas sebesar :

$$U_{exp} = k \times U_c$$

$$U_{exp} = 1,746 \times 26,40 = 46,094$$

Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas diatas, menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar $\pm 46,094$. dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Nilai ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan untuk pembacaan alat ukur selama alat ukur tersebut digunakan.

4.1.3 Rancang Bangun Pengukuran Temperatur

a. Pengujian Alat Ukur Temperatur

Pengujian temperatur dilakukan pada rentang temperatur 10°C - 42°C . Pada setiap kenaikan, diambil data sebanyak 10. Alat Standar yang digunakan untuk pembandingan adalah *Humidity/Temperature Meter*. Berikut ini data yang diperoleh dari pengujian alat.

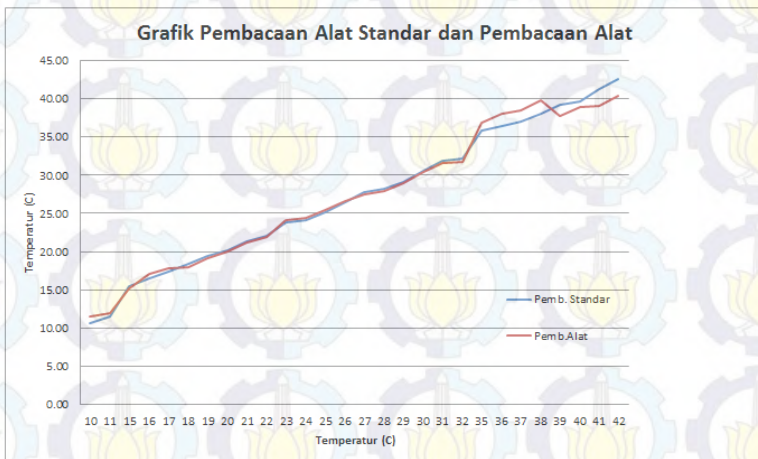
Tabel 4.4 Data Pengujian Alat Ukur Temperatur

No	Temperatur (C)	Standar(C)	Alat (C)	Error(C)
1	10	10.56	11.57	-1.01
2	11	11.57	11.95	-0.38
3	15	15.47	15.24	0.23
4	16	16.56	17.05	-0.49
5	17	17.39	17.82	-0.44
6	18	18.40	18.00	0.40
7	19	19.46	19.15	0.31
8	20	20.14	19.95	0.19
9	21	21.36	21.14	0.22
10	22	22.05	21.90	0.15
11	23	23.85	24.16	-0.31
12	24	24.08	24.43	-0.35
13	25	25.13	25.39	-0.26
14	26	26.52	26.65	-0.13
15	27	27.80	27.49	0.31
16	28	28.18	27.97	0.21
17	29	29.06	28.93	0.13
18	30	30.54	30.46	0.08
19	31	31.86	31.62	0.24
20	32	32.17	31.78	0.39
21	35	35.89	36.92	-1.03

Tabel 4.4 (Lanjutan)

No	Temperatur (C)	Standar(C)	Alat(C)	Error(C)
22	36	36.44	37.98	-1.54
23	37	37.04	38.54	-1.53
24	38	38.10	39.84	-1.75
25	39	39.19	37.82	1.37
26	40	39.70	38.88	0.82
27	41	41.29	39.14	2.15
28	42	42.58	40.36	2.22

Dari Tabel 4.5 diatas, menghasilkan grafik pembacaan alat standar dan pembacaan alat sebagai berikut :

**Gambar 4.9** Grafik Pembacaan Alat Standar dan Pembacaan Alat

Dari gambar diatas, menunjukkan bahwa pembacaan alat sudah mendekati dengan alat standar. Namun, terdapat beberapa titik yang masih terdapat *error* pembacaan.

b. Data Spesifikasi Alat

Berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengujian alat, maka dapat diperoleh karakteristik dari alat ukur temperatur. Perhitungan karakteristik statik dari alat ukur temperatur sebagai berikut.

Tabel 4.5 Tabel Karakteristik Alat

No.	Suhu	Standar	Alat	Oideal	O-Oideal	Yn-Xn	(Yn-Xn)/Yn	Non-Linieritas
1	10	10.56	11.57	9.49	2.08	1.01	0.10	0.00
2	11	11.57	11.95	10.40	1.55	0.38	0.03	-0.53
3	15	15.47	15.24	13.91	1.33	0.23	0.01	-0.74
4	16	16.56	17.05	14.89	2.16	0.49	0.03	0.08
5	17	17.385	17.82	15.63	2.19	0.44	0.03	0.11
6	18	18.4	18.00	16.54	1.46	0.40	0.02	-0.62
7	19	19.46	19.15	17.50	1.65	0.31	0.02	-0.42
8	20	20.14	19.95	18.11	1.84	0.19	0.01	-0.23
9	21	21.36	21.14	19.21	1.93	0.22	0.01	-0.14
10	22	22.05	21.90	19.83	2.07	0.15	0.01	0.00
11	23	23.85	24.16	21.44	2.71	0.31	0.01	0.64
12	24	24.08	24.43	21.65	2.78	0.35	0.01	0.70
13	25	25.13	25.39	22.60	2.79	0.26	0.01	0.72
14	26	26.52	26.65	23.84	2.81	0.13	0.00	0.73
15	27	27.8	27.49	25.00	2.49	0.31	0.01	0.42
16	28	28.18	27.97	25.34	2.63	0.21	0.01	0.56
17	29	29.06	28.93	26.13	2.80	0.13	0.00	0.73
18	30	30.54	30.46	27.46	3.00	0.08	0.00	0.93
19	31	31.86	31.62	28.65	2.97	0.24	0.01	0.90
20	32	32.17	31.78	28.92	2.86	0.39	0.01	0.78
21	35	35.89	36.92	32.27	4.65	1.03	0.03	2.58
22	36	36.44	37.98	32.76	5.22	1.54	0.04	3.14
23	37	37.04	38.54	33.30	5.24	1.50	0.04	3.16
24	38	38.1	39.84	34.26	5.58	1.74	0.05	3.51
25	39	39.19	37.82	35.24	2.58	1.37	0.03	0.51
26	40	39.7	38.88	35.70	3.18	0.82	0.02	1.11
27	41	41.29	39.14	37.12	2.02	2.15	0.05	-0.06
28	42	42.58	40.36	38.28	2.08	2.22	0.05	0.00
	Jumlah	762.13			ketidakakurasi		0.02	3.51
	Rata2	27.22					0.57	0.12

Sehingga menghasilkan nilai :

- a. *Range* : $10^{\circ}\text{C} - 42^{\circ}\text{C}$
- b. *Span* : 32°C
- c. Resolusi : $0,01^{\circ}\text{C}$
- d. Maksimum *non-Linieritas* : 3,508
- e. *Non-linieritas* : 12,1851%
- f. Akurasi : 97,61%
- g. Kesalahan (*error*) : 0,024

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik alat ukur temperatur berdasarkan data pada tabel 4.1

- Sensitivitas (dari data pengujian alat)

$$\text{sensitivitas} = \frac{\Delta O}{\Delta I} = \frac{40,36 - 11,57}{42,52 - 10,56} = 0,899$$

- *Non – Linieritas*

$$(N(I)) = O(I) - (KI + a)$$

*data yang dihitung adalah data pembacaan rpm naik

Non – linieritas maksimum per unit

$$= \frac{N}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100\%$$

Dimana :

$$K (\text{sensitivitas}) = 0,899$$

$$a (\text{zero bias}) = O_{\min} - KI_{\min}$$

$$a = 11,57 - (0,899)(10,56)$$

$$a = 2,08$$

$$N (\text{Non Linieritas Maksimum}) = 3,508$$

sehingga :

Non-linieritas maksimum per unit

$$= \frac{3,508}{40,36 - 11,57} \times 100\% = 12,18\%$$

- Akurasi :

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\%$$

Dengan :

Y_n = Pembacaan Standar

X_n = Pembacaan Alat

$$A = 1 - \left| 0,024 \right| \times 100\% = 97,61\%$$

Setelah diketahui karakteristik statik dari alat ukur temperatur, langkah berikutnya adalah kalibrasi alat ukur. Yang digunakan sebagai kalibrator adalah *Humidity/Temperature Meter*. Berikut ini merupakan hasil pengukuran kalibrasi untuk mencari nilai ketidakpastian alat ukur.

Tabel 4.6 Data Kalibrasi

No.	Suhu	Standar	Alat	Y	Yreg	R	SSR
1	10	10.56	11.57	-1.010	-0.43	-0.58	0.34
2	11	11.57	11.95	-0.380	-0.40	0.02	0.00
3	15	15.47	15.24	0.230	-0.30	0.53	0.28
4	16	16.56	17.05	-0.489	-0.27	-0.22	0.05
5	17	17.39	17.82	-0.435	-0.25	-0.18	0.03
6	18	18.40	18.00	0.400	-0.22	0.62	0.39
7	19	19.46	19.15	0.310	-0.20	0.51	0.26
8	20	20.14	19.95	0.190	-0.18	0.37	0.14
9	21	21.36	21.14	0.220	-0.15	0.37	0.13
10	22	22.05	21.90	0.150	-0.13	0.28	0.08
11	23	23.85	24.16	-0.305	-0.08	-0.22	0.05
12	24	24.08	24.43	-0.350	-0.07	-0.28	0.08
13	25	25.13	25.39	-0.260	-0.05	-0.21	0.05
14	26	26.52	26.65	-0.130	-0.01	-0.12	0.01
15	27	27.80	27.49	0.310	0.02	0.29	0.08
16	28	28.18	27.97	0.211	0.03	0.18	0.03
17	29	29.06	28.93	0.130	0.06	0.07	0.01
18	30	30.54	30.46	0.080	0.10	-0.02	0.00

Tabel 4.6 (Lanjutan)

No.	Suhu	Standar	Alat	Y	Yreg	R	SSR
19	31	31.86	31.62	0.240	0.13	0.11	0.01
20	32	32.17	31.78	0.387	0.14	0.25	0.06
21	35	35.89	36.92	-1.030	0.24	-1.27	1.61
22	36	36.44	37.98	-1.540	0.25	-1.79	3.21
23	37	37.04	38.54	-1.500	0.27	-1.77	3.12
24	38	38.10	39.84	-1.740	0.30	-2.04	4.14
25	39	39.19	37.82	1.370	0.32	1.05	1.09
26	40	39.70	38.88	0.820	0.34	0.48	0.23
27	41	41.29	39.14	2.150	0.38	1.77	3.13
28	42	42.58	40.36	2.220	0.41	1.81	3.26
Jumlah		762.38				SSR ==	21.8769
Rata-Rata		27.23					

Berikut merupakan perhitungan ketidakpastian alat ukur berdasarkan tabel 4.2.

- Nilai ketidakpastian tipe A

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}}{n - 1}$$

Dimana :

$$\sigma = 0,9327$$

Sehingga nilai ketidakpastian tipe A adalah :

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$U_{a1} = \frac{0,9327}{\sqrt{28}} = 0,1762$$

Sedangkan nilai ketidakpastian regresi U_{a2} adalah

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n - 2}}$$

Dimana :

SSR (*Sum Square Residual*) = $\sum \text{SR}(\text{Square Residual})$

SR = R^2 (*Residu*)

Y_i (Nilai koreksi) = Pemb. standar (t_i) – Pemb. alat (x_i)

$$Y_{reg} = a + (b \times t_i)$$

$$a = \bar{y}_i + (b \times \bar{t}_i)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum t_i y_i - \sum y_i \cdot \sum t_i}{n \cdot \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}; \quad t_i = \text{Pemb. standar},$$

y_i = Nilai koreksi, n = Jumlah data

$$b = \frac{(28 \times 67,8661) - (762,38 \times 0,25)}{(28 \times 2307,49073) - (762,38)^2}$$

$$b = 0,026378$$

Sehingga nilai :

$$a = 0,008893 - (0,02637 \times 27,23)$$

$$a = 0,7091$$

Jadi, persamaan regresi menjadi

$$Y_{reg} = (0,7091) + (t_i \times 0,026378)$$

Yang menghasilkan nilai SSR = 21,887

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{21,8769}{28 - 2}}$$

$$U_{a2} = 0,9172$$

- Nilai ketidakpastian tipe B

Pada ketidakpastian tipe B ini terdapat 2 parameter ketidakpastian, yaitu ketidakpastian Resolusi (U_{B1}) dan ketidakpastian alat standar *tachometer* (U_{B2}). Berikut ini adalah perhitungan ketidakpastian tipe B :

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{1}{2} \times 0,01}{\sqrt{3}} = 0,003$$

$$U_{B2} = \frac{a}{k},$$

dikarenakan pada alat standar terdapat sertifikat kalibrasinya maka nilai a (ketidakpastian sertifikat kalibrasi) dianggap mendekati 0, dan nilai faktor cakupan dianggap 2,0. Sehingga hasil : $U_{B2} = 0$

- Nilai ketidakpastian kombinasi U_c :

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2}$$

$$U_c = \sqrt{0,176^2 + 0,9172^2 + 0,003^2 + 0^2}$$

$$U_c = 0,9340$$

Dengan kondisi V atau derajat kebebasan dari kedua tipe ketidakpastian, sebagai berikut :

$V = n-1$, sehingga :

$V1 = 27$; $V2 = 27$; $V3 = \infty$; $V4 = 60$ (berdasarkan table T)

Dengan nilai V_{eff} (Nilai derajat kebebasan efektif) sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / V_i}$$

$$V_{eff} = \frac{(0,934076)^4}{(0,176)^4 / 27 + (0,9172)^4 / 27 + (0,003)^4 / \infty + (0,00)^4 / 60}$$

$V_{eff} = 28,991$, sehingga jika dibulatkan menjadi 30, dimana pada table *T-student* menghasilkan nilai k (faktor koreksi) sebesar 1,699

Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian diperluang sebesar :

$$U_{exp} = k \times U_c$$

$$U_{exp} = 1,699 \times 0,934076 = 1,587$$

Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas diatas, menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar $\pm 1,587$ dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Nilai ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan untuk pembacaan alat ukur selama alat ukur tersebut digunakan.

4.1.4 Rancang Bangun Pengukuran Kelembaban

a. Pengujian Alat Ukur Kelembaban

Pengujian kelembaban dilakukan pada rentang $51^{\circ}\text{C} - 82^{\circ}\text{C}$. Pada setiap kenaikan, diambil data sebanyak 10. Alat Standar yang digunakan untuk pembandingan adalah *Humidity/Temperature Meter*. Berikut ini data yang diperoleh dari pengujian alat.

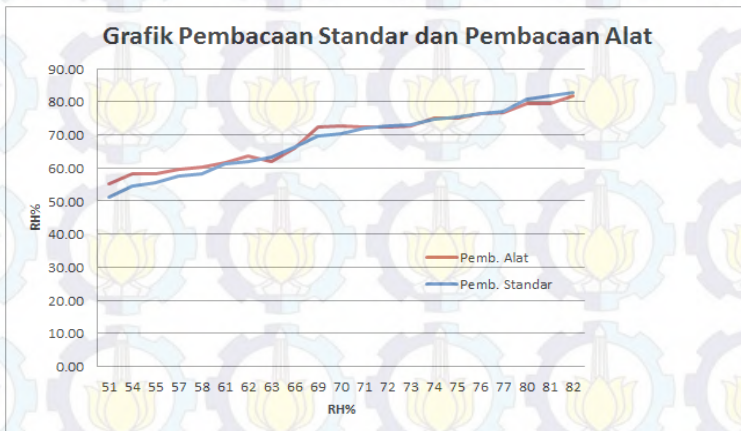
Tabel 4.7 Data Pengujian Alat

No	RH(%)	Standar(%)	Alat(%)	Error(%)
1	51	51.25	55.12	-3.87
2	54	54.44	58.12	-3.68
3	55	55.57	58.32	-2.75
4	57	57.52	59.60	-2.08
5	58	58.11	60.19	-2.08
6	61	61.39	61.65	-0.26
7	62	62.10	63.51	-1.41
8	63	63.30	61.89	1.41

Tabel 4.7 (Lanjutan)

No	RH(%)	Standar(%)	Alat(%)	Error(%)
9	66	66.16	65.87	0.29
10	69	69.78	72.45	-2.67
11	70	70.47	72.78	-2.31
12	71	71.90	72.23	-0.32
13	72	72.78	72.29	0.49
14	73	73.00	72.70	0.30
15	74	74.81	74.95	-0.14
16	75	75.23	75.22	0.01
17	76	76.41	76.26	0.15
18	77	77.22	76.78	0.44
19	80	80.80	79.33	1.47
20	81	81.66	79.44	2.22
21	82	82.87	81.65	1.22

Dari tabel 4.4 diatas, menghasilkan grafik pembacaan alat standar dan pembacaan alat sebagai berikut :

**Gambar 4.10** Grafik Pembacaan Standar dan Pembacaan Alat

Dari gambar diatas, menunjukkan bahwa pembacaan alat sudah mendekati dengan alat standar. Namun, terdapat beberapa titik yang masih terdapat *error* pembacaan.

c. Data Spesifikasi Alat

Berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengujian alat, maka dapat diperoleh karakteristik dari alat ukur kelembaban. Perhitungan karakteristik statik dari alat ukur kelembaban sebagai berikut.

Tabel 4.10 Data Karakteristik Alat

No.	RH	Standar	Alat	Oideal	O-Oideal	Yn-Xn (data)	(Yn-Xn)/Yn	Non- Linieritas
1	51	51.25	55.12	43.00	12.12	3.87	0.076	0.000
2	54	54.44	58.12	45.68	12.43	3.68	0.068	0.318
3	55	55.57	58.32	46.63	11.69	2.75	0.050	-0.425
4	57	57.52	59.60	48.27	11.33	2.08	0.036	-0.786
5	58	58.11	60.19	48.76	11.43	2.08	0.036	-0.690
6	61	61.39	61.65	51.51	10.14	0.26	0.004	-1.979
7	62	62.1	63.51	52.11	11.40	1.41	0.023	-0.719
8	63	63.3	61.89	53.12	8.77	1.41	0.022	-3.343
9	66	66.16	65.87	55.52	10.35	0.30	0.004	-1.767
10	69	69.78	72.45	58.55	13.90	2.67	0.038	1.784
11	70	70.47	72.78	59.13	13.65	2.31	0.033	1.529
12	71	71.9	72.23	60.33	11.89	0.33	0.005	-0.224
13	72	72.78	72.29	61.07	11.21	0.49	0.007	-0.901
14	73	73	72.70	61.26	11.44	0.30	0.004	-0.675
15	74	74.81	74.95	62.77	12.18	0.14	0.002	0.061
16	75	75.23	75.22	63.13	12.10	0.01	0.000	-0.020
17	76	76.41	76.26	64.12	12.14	0.15	0.002	0.029
18	77	77.22	76.78	64.80	11.99	0.44	0.006	-0.131
19	80	80.8	79.33	67.80	11.53	1.47	0.018	-0.587
20	81	81.66	79.44	68.52	10.92	2.22	0.027	-1.201
21	82	82.87	81.65	69.54	12.12	1.22	0.015	0.000
Jumlah			1450.33	ketidakakurasian			0.02	1.78
Rata2			69.06			0.00	0.40	0.07

Sehingga menghasilkan nilai :

- a. *Range* : $51^{\circ}\text{C} - 82^{\circ}\text{C}$
- b. *Span* : 31°C
- c. Resolusi : $0,01^{\circ}\text{C}$
- d. Maksimum *non-Linieritas*: 1,784
- e. *Non-linieritas* : 6,7240%
- f. Akurasi : 97,74%
- g. Kesalahan (*error*) : 0,023

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik alat ukur kelembaban berdasarkan data pada tabel 4.1

- Sensitivitas (dari data pengujian alat)

$$\text{sensitivitas} = \frac{\Delta O}{\Delta I} = \frac{81,65 - 55,12}{82,87 - 51,25} = \mathbf{0,839}$$

- *Non – Linieritas*

$$(N(I)) = O(I) - (KI + a)$$

*data yang dihitung adalah data pembacaan rpm naik

Non – linieritas maksimum per unit

$$= \frac{N}{O_{\max} - O_{\min}} \times 100\%$$

Dimana :

$$K (\text{sensitivitas}) = 0,839$$

$$a (\text{zero bias}) = O_{\min} - KI_{\min}$$

$$a = 55,12 - (0,839)(51,25)$$

$$a = 12,12$$

$$N (\text{Non Linieritas Maksimum}) = 1,784$$

sehingga :

Non-linieritas maksimum per unit

$$= \frac{1,784}{81,65 - 55,12} \times 100\% = \mathbf{6,724\%}$$

- Akurasi :

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\%$$

Dengan :

Y_n = Pembacaan Standar

X_n = Pembacaan Alat

$$A = 1 - |0,023| \times 100\% = 97,74\%$$

Setelah diketahui karakteristik statik dari alat ukur kelembaban, langkah berikutnya adalah kalibrasi alat ukur. Yang digunakan sebagai kalibrator adalah *Humidity/Temperature Meter*. Berikut ini merupakan hasil pengukuran kalibrasi untuk mencari nilai ketidakpastian alat ukur.

Tabel 4.11 Data Kalibrasi

No	RH	Standar	Alat	Error	R	SSR
1	51	51.25	55.12	-3.87	-0.35	0.12
2	54	54.44	58.12	-3.68	-0.67	0.45
3	55	55.57	58.32	-2.75	0.07	0.00
4	57	57.52	59.60	-2.08	0.43	0.18
5	58	58.11	60.19	-2.08	0.33	0.11
6	61	61.39	61.65	-0.26	1.62	2.61
7	62	62.10	63.51	-1.41	0.36	0.13
8	63	63.30	61.89	1.41	2.98	8.87
9	66	66.16	65.87	0.30	1.40	1.96
10	69	69.78	72.45	-2.67	-2.16	4.65
11	70	70.47	72.78	-2.31	-1.90	3.62
12	71	71.90	72.23	-0.33	-0.15	0.02
13	72	72.78	72.29	0.49	0.53	0.28
14	73	73.00	72.70	0.30	0.30	0.09
15	74	74.81	74.95	-0.14	-0.44	0.19
16	75	75.23	75.22	0.01	-0.36	0.13
17	76	76.41	76.26	0.15	-0.41	0.17
18	77	77.22	76.78	0.44	-0.25	0.06
19	80	80.80	79.33	1.47	0.20	0.04
20	81	81.66	79.44	2.22	0.82	0.67
21	82	82.87	79.44	3.43	1.83	3.35
Jumlah		1436.77	1448.12	-11.35	SSR ==>	27.70
Rata-Rata		68.42	68.96	-0.74		

Berikut merupakan perhitungan ketidakpastian alat ukur berdasarkan tabel 4.2.

- Nilai ketidakpastian tipe A

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}}{n - 1}$$

Dimana :

$$\sigma = 2,01$$

Sehingga nilai ketidakpastian tipe A adalah :

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$U_{a1} = \frac{2,01}{\sqrt{21}} = 0,45$$

Sedangkan nilai ketidakpastian regresi U_{a2} adalah

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n - 2}}$$

Dimana :

SSR (*Sum Square Residual*) = $\sum SSR$ (*Square Residual*)

SR = R^2 (*Residu*)

Y_i (Nilai koreksi) = Pemb. standar (t_i) – Pemb. alat (x_i)

$$Y_{reg} = a + (b \times t_i)$$

$$a = \bar{y}_i + (b \times \bar{t}_i)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum t_i y_i - \sum y_i \cdot \sum t_i}{n \cdot \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}; \quad t_i = \text{Pemb. standar},$$

y_i = Nilai koreksi, n = Jumlah data

$$b = \frac{(21 \times -480,854) - (-11,35 \times 1436,77)}{(21 \times 100125,5469) - (1436,77)^2}$$

$$b = 0,16189$$

Sehingga nilai :

$$a = (-0,74) - (0,16189 \times 68,42)$$

$$a = -11,815$$

Jadi, persamaan regresi menjadi

$$Y_{reg} = (-11,815) + (ti \times 0,16189)$$

Yang menghasilkan nilai SSR = 27,70

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{27,70}{21 - 2}}$$

$$U_{a2} = 1,207$$

- Nilai ketidakpastian tipe B

Pada ketidakpastian tipe B ini terdapat 2 parameter ketidakpastia, yaitu ketidakpastian Resolusi (U_{B1}) dan ketidakpastian alat standar *tachometer* (U_{B2}). Berikut ini adalah perhitungan ketidakpastian tipe B :

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{1}{2} \times 0,01}{\sqrt{3}} = 0,003$$

$$U_{B2} = \frac{a}{k},$$

dikarenakan pada alat standar terdapat sertifikat kalibrasinya maka nilai a (ketidakpastian sertifikat kalibrasi) dianggap mendekati 0, dan nilai faktor cakupan dianggap 2,0. Sehingga hasil : $U_{B2} = 0$

- Nilai ketidakpastian kombinasi U_c :

$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2}$$

$$U_c = \sqrt{0,45^2 + 1,207^2 + 0,003^2 + 0^2}$$

$$U_c = 1,288$$

Dengan kondisi V atau derajat kebebasan dari kedua tipe ketidakpastian, sebagai berikut :

$V = n-1$, sehingga :

$V_1 = 20$; $V_2 = 20$; $V_3 = \infty$; $V_4 = 60$ (berdasarkan table T)

Dengan nilai V_{eff} (Nilai derajat kebebasan efektif) sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / V_i}$$

$$V_{eff} = \frac{(1,288)^4}{(0,45)^4 / 20 + (1,207)^4 / 20 + (0,003)^4 / \infty + (0,00)^4 / 60}$$

$V_{eff} = 25,44$, sehingga jika dibulatkan menjadi 25, dimana pada table *T-student* menghasilkan nilai k (faktor koreksi) sebesar 1,708

Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian diperluang sebesar :

$$U_{exp} = k \times U_c$$

$$U_{exp} = 1.708 \times 1,288 = 2,199$$

Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas diatas, menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar $\pm 2,199$ dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Nilai ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan untuk pembacaan alat ukur selama alat ukur tersebut digunakan.

4.1.5 Pengujian Alat ukur Rpm, Temperatur dan Kelembaban pada Air Conditioning Laboratory Unit PA Hilton A575

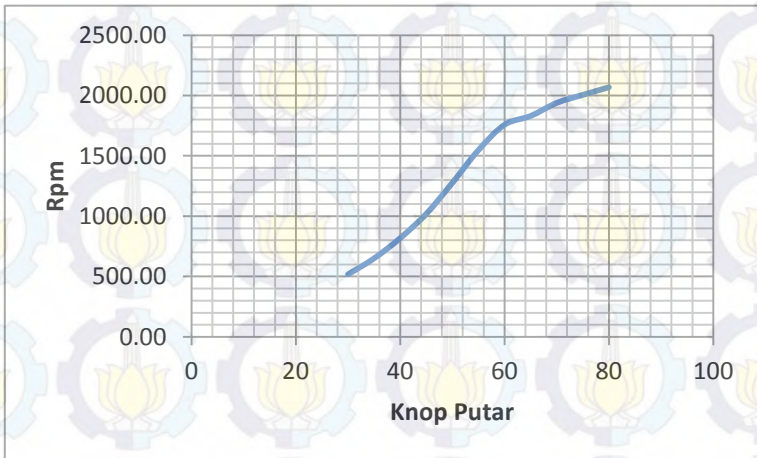
a. Pengujian Alat Ukur Rpm

Berikut ini merupakan data yang diperoleh dari pengujian pembacaan rpm 30 – 80 knop putar.

Tabel 4.12 Data Pengujian Pembacaan Rpm

No.	Knop Putar	Pembacaan Alat (Rpm)
1	30	517.63
2	35	650.34
3	40	817.97
4	45	1019.36
5	50	1276.63
6	55	1547.86
7	60	1757.4
8	65	1830.74
9	70	1939
10	75	2005.36
11	80	2068.22

Dari Tabel 4.a didapatkan grafik seperti pada gambar pada dibawah ini.



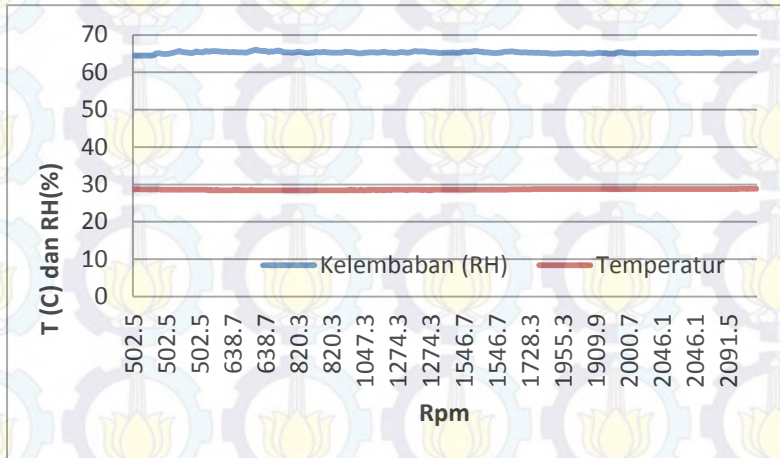
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Kenaikan Knop Putar dan Pembacaan Rpm

Dari Gambar 4.8 diatas dapat diketahui bahwa kenaikan dari setiap knop putar berpengaruh terhadap rpm dari *centrifugal fan*. Menurut hukum – hukum kipas, kenaikan kecepatan putar akan berbanding lurus dengan kenaikan laju aliran udara (Q). Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.9. Dimana dari setiap kenaikan rpm *centrifugal fan*, juga akan menyebabkan kenaikan laju aliran udara. Sesuai dengan paramater kenyamanan termal, aspek kecepatan angin yang diakibatkan oleh kecepatan putar *fan*, dapat dicapai pada saat pembacaan rpm pada *range* 1019.36 rpm - 1757.4 rpm, dimana *range* tersebut dicapai pada putaran knop 40 – 60 knop putar yang menghasilkan kecepatan udara sebesar 2.6 m/s - 3.73 m/s dengan laju aliran udara sebesar 0,14 m³/s – 0,25 m³/s.

b. Pengujian Alat ukur Temperatur dan Kelembaban

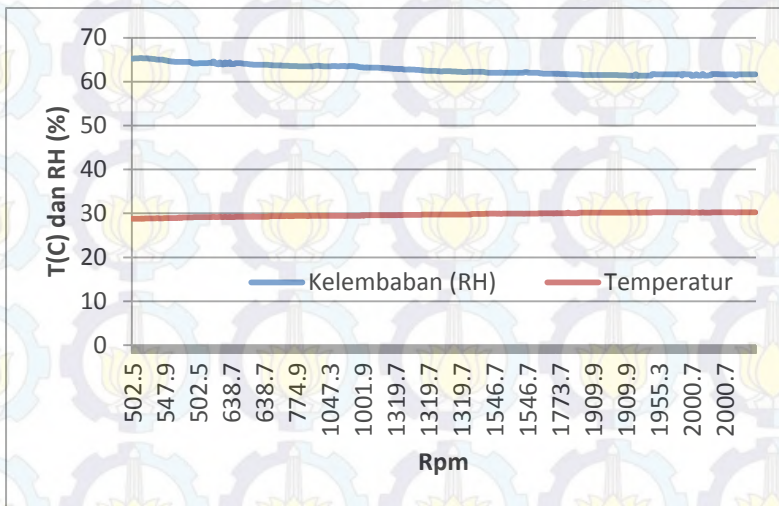
Pengujian dilakukan dengan range knop putar 30 – 80 knop, serta dengan beda pengkondisian udara, yaitu udara lingkungan, refrigerasi dan pemanasan. Berikut ini merupakan grafik hasil

pengambilan data temperatur dan kelembaban dari alat dengan penempatan titik sebelum evaporator dan titik sesudah evaporator.



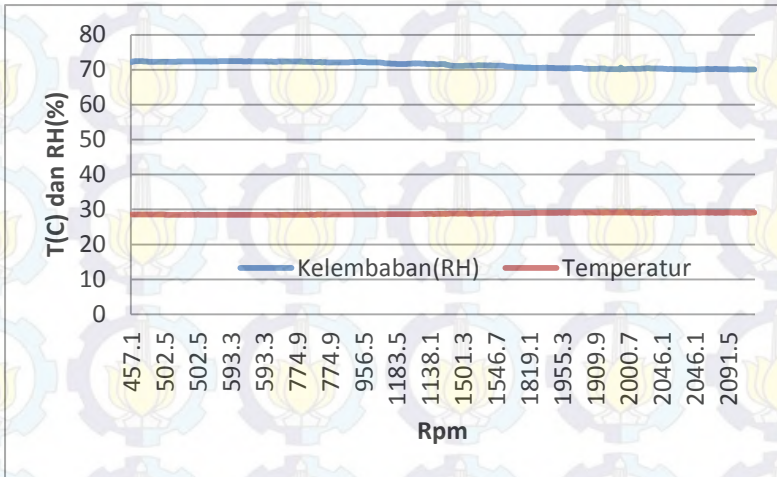
Gambar 4.12 Grafik pengukuran temperatur dan kelembaban pada alat (titik sebelum evaporator) - temperatur lingkungan

Hasil monitoring temperatur dan kelembaban pada Gambar 4.10 dilakukan pada kondisi udara yang hanya melibatkan temperatur lingkungan dan pengaruh kecepatan aliran udara yang konfigurasi dari knop putar. Dari grafik diatas menunjukkan bahwa temperatur dan kelembaban relatif pada titik sebelum evaporator cenderung konstan pada temperatur sekitar 29 °C – 30 °C dan RH sekitar 65%-66%. Hal ini disebabkan karena pada titik sebelum evaporator tidak didapati pengkondisian udara selain pengaruh kecepatan putar *centrifugal fan*.



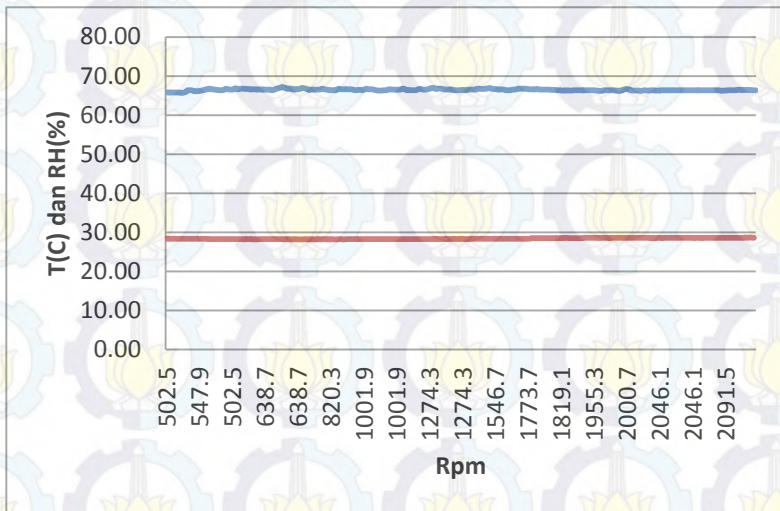
Gambar 4.13 Grafik pengukuran temperatur dan kelembaban pada alat (titik sebelum evaporator) – proses refrigerasi

Pada Gambar 4.11 merupakan Grafik pengukuran temperatur dan kelembaban pada alat (titik sebelum evaporator) dengan ditambahnya proses refrigerasi atau penyalan evaporator pada AC. Lab. Unit. Jika pada kondisi temperatur lingkungan grafik pengukuran temperatur dan kelembaban cenderung konstan, maka hal tersebut juga terjadi pada proses refrigerasi. Temperatur berkisar pada *range* 28°C-30°C dan kelembaban berkisar antara 65%-61%. Pada proses *heating* (pemanasan) juga didapatkan data yang cenderung stabil pada titik sebelum evaporator. Berikut grafik yang diambil pada titik sebelum evaporator pada proses *heating*.



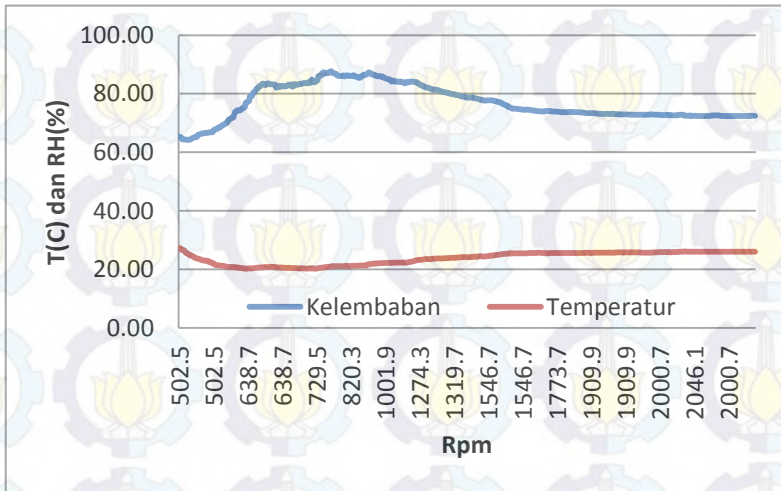
Gambar 4.14 Grafik pengukuran temperatur dan kelembaban pada alat (titik sebelum evaporator) – proses *heating*

Pada titik sesudah evaporator, pengujian monitoring juga dilakukan berdasarkan tiga pengkondisian, yaitu temperatur lingkungan, porses refrigerasi dan proses *heating*. Pada pengukuran pada temperatur lingkungan, didapatkan temperatur yang stabil 28°C dan kelembaban berkisar 65%-66%. Hasil grafik untuk pengujian pada temperatur lingkungan dapat lihat pada gambar dibawah ini.



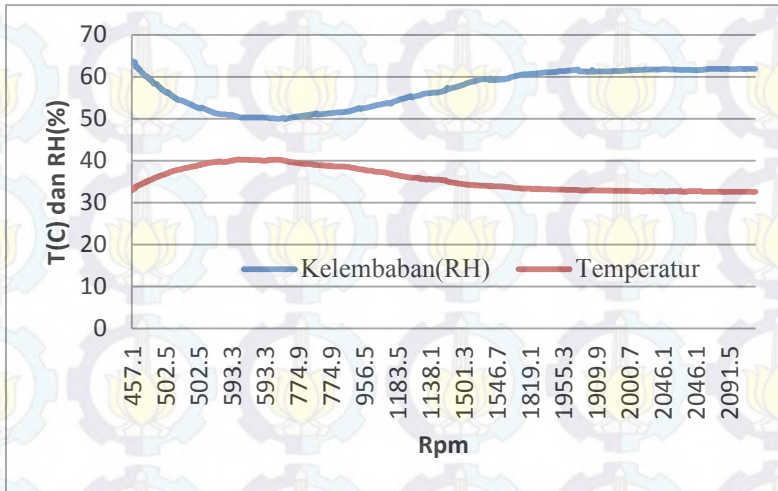
Gambar 4.15 Grafik pengukuran temperatur dan kelembaban pada alat (titik sesudah evaporator) – temperatur lingkungan

Proses refrigrasi dikonfigurasi dengan knop putar 30 – 80 knop, dan dengan pengaktifan kompresor. Temperatur minimum yang dapat dicapai adalah 20,3°C dan temperatur maksimal 27,3 °C. Sedangkan untuk kelembaban, RH terendah pada proses refrigrasi adalah sebesar 64,19%, dan RH tertinggi sebesar 87,7%. Temperatur 20,3°C diperoleh dengan pengaturan knop putar sebesar 40 knop, dan pembacaan rpm berkisar pada 638,7 rpm. Untuk kelembaban 87,7% didapatkan pada konfigurasi knop putar 45 knop dan pembacaan rpm berkisar pada 820,3 rpm. Didapatkan grafik seperti gambar dibawah ini untuk pengukuran temperatur dan kelembaban pada proses refrigrasi.



Gambar 4.16 Grafik pengukuran temperatur dan kelembaban pada alat (titik sesudah evaporator) – proses refrigerasi

Sama seperti halnya dengan pengukuran temperatur dan kelembaban pada temperatur lingkungan dan proses refrigerasi, konfigurasi pengkondisian udara diatur dengan knop putar. Perbedaannya pada proses *heating* adalah menonaktifkan kompresor dan pengaktifan *heater*. Dari pengujian proses *heating* didapatkan RH dengan range 49,92% - 63,81% dan temperatur dengan range 32,5 °C – 40,3 °C. Grafik pengambilan data proses *heating* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.17 Grafik pengukuran temperatur dan kelembaban pada alat (titik sesudah evaporator) – proses *heating*

4.2 Pembahasan

Sistem monitoring *rpm fan*, temperatur dan kelembaban ini terdiri dari tiga variabel yang diukur, yaitu *rpm (rotation per minute)*, temperatur dan kelembaban. Pengukuran *rpm* dilakukan dengan menggunakan sensor *hall effect magnetic*. Sedangkan pengukuran temperatur dan kelembaban dilakukan oleh sensor DHT22. Hasil pengukuran ditampilkan pada LCD 4 x 20 dan di-*interfacing* dengan *software visual basic* yang telah terhubung dengan *database microsoft acces*.

Prinsip kerja dari alat ukur *rpm* ini yang pertama adalah *sensing element* yang dilakukan oleh sensor *hall effect magnetic*. *Output* dari sensor *hall effect* adalah tegangan. Karena dibutuhkan sinyal digital, maka pada *signal conditioning element* diberi komparator yang berfungsi untuk men-kondisikan sinyal agar *outputan high* atau *low (digital output)*. Pada *signal processing*

element, sinyal digital diolah dengan arduino mega 2560. *Output* dari arduino sudah berupa data visual yang dapat dilihat melalui LCD. Dari tabel 4.3 dapat diketahui bahwa ketidakpastian diperluas (U_{expand}) = 46,094. Hasil akhir dari pengukuran rpm ini, semisal didapat nilai 535 rpm, maka ditulis ($535 \pm 46,094$) rpm. Ketidakpastian diperluas tersebut didapatkan dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95%. Akurasi dari alat ukur rpm ini adalah 99,1% dengan ketidakakurasian 0,991%. *Range* pengukuran yang dapat dilakukan adalah 30 knop – 100 knop putar pada AC.Laboratory unit PA Hilton A575.

Prinsip kerja alat ukur temperatur dan kelembaban yang dirancang adalah menggunakan sensor DHT22 untuk *sensing element*. Sensor ini secara kerja memanfaatkan karakteristik bahan yaitu kapasitif yang diolah menjadi keluaran tegangan, keluaran dari dielektrik polimer yang sebanding dengan perubahan kelembaban yang terukur. Setelah mendapatkan *output* dari sensor berupa bilangan digital (*digital output*), maka selanjutnya akan diproses oleh arduino mega sebagai *signal processing element*, dan keluaran dari arduino mega sudah menjadi *display* pada LCD dan *software interface*. Dari Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa ketidakpastian diperluas (U_{expand}) = 1,587. Hasil akhir dari pengukuran temperatur ini, semisal didapat nilai 30°C, maka ditulis ($30^\circ\text{C} \pm 1,578^\circ\text{C}$). Ketidakpastian diperluas tersebut didapatkan dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95%. Akurasi dari alat ukur rpm ini adalah 97,61% dengan ketidakakurasian 0,024%. *Range* pengukuran yang dapat dilakukan adalah 10 °C - 42 °C. Sedangkan untuk ketidakpastian diperluas (U_{expand}) alat ukur kelembaban, yaitu didapatkan nilai 2,199. Hasil akhir dari pengukuran RH ini, semisal alat ukur membaca 60% RH, maka ditulis ($60\% \pm 2,199\% \text{ RH}$). Sama seperti halnya dengan alat ukur rpm dan kelembaban, ketidakpastian alat ukur kelembaban ini

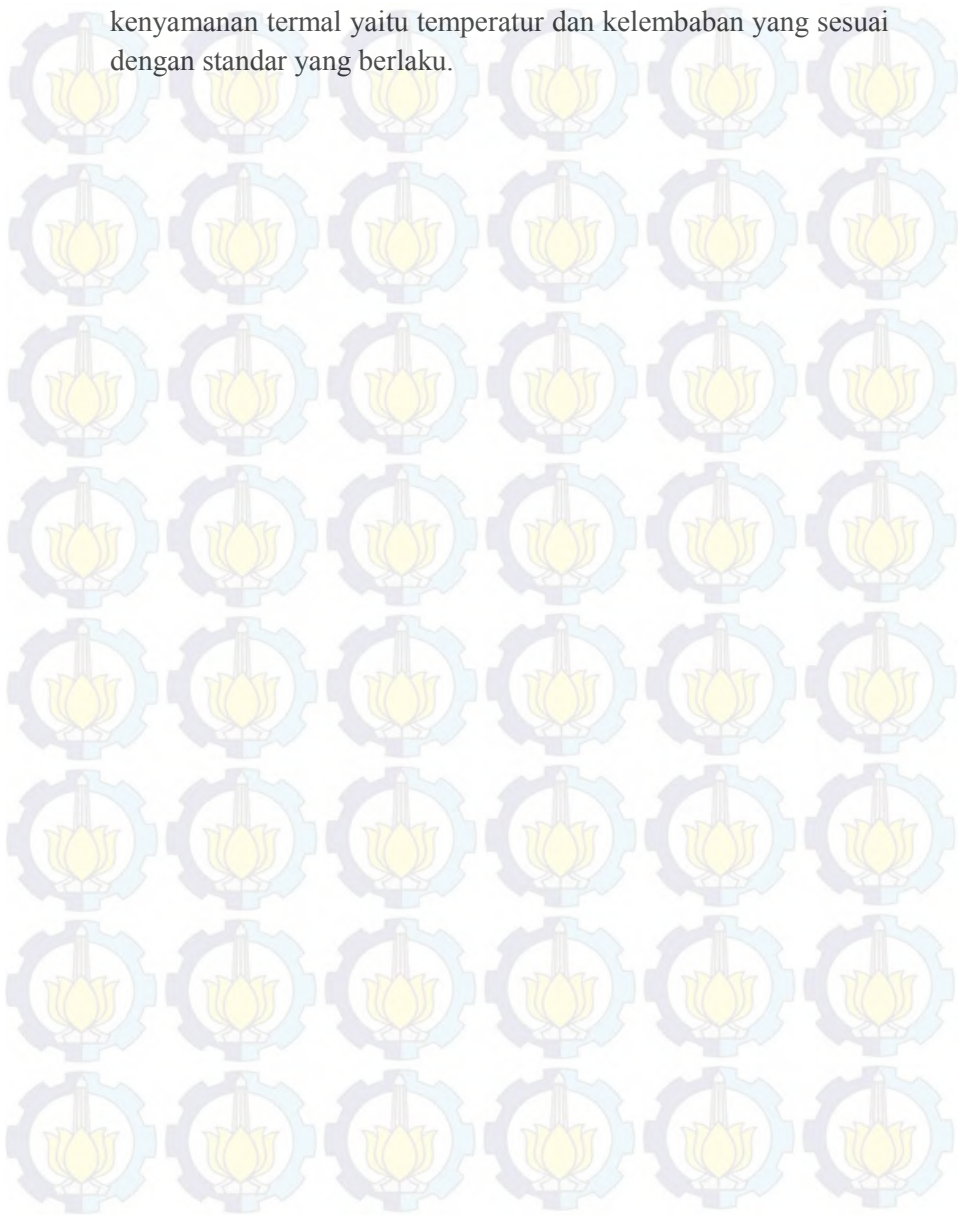
dideproleh dengan menggunakan tingkat kepercayaan 96%. Akurasi dari alat ukur kelembaban ini adalah 97,74% dengan tingkat ketidakakurasian 0,023%.

Dari data yang telah terkumpul menunjukkan bahwa kenaikan kecepatan putar *centrifugal fan* berbanding lurus dengan tingkat kenaikan laju aliran udara. Pada aspek kenyamanan termal, kecepatan angin yang dibutuhkan adalah pada *range* 2,5 – 3,75 V/ms. Dari hasil monitoring, dapat dilihat bahwa *Air Conditioning Laboratory Unit PA Hilton A575* masih dapat menghasilkan salah satu aspek kenyamanan termal yaitu kecepatan angin yang sesuai dengan standar yang berlaku.

Dari hasil monitoring, dapat dilihat bahwa pada masing – masing pengkondisian dapat menyajikan kenyamanan termal dengan konfigurasi knop putar dan pengaktifan *heater* atau kompresor. Pada pengukuran temperatur lingkungan, aspek kenyamanan termal dapat dicapai dengan konfigurasi 30 knop tanpa menyalakan *heater* ataupun kompresor. Dengan konfigurasi ini, dapat dicapai temperatur 28,4 °C dan RH 65%. Pada pengukuran pengkondisian sistem refrigerasi, aspek kenyamanan termal dapat dicapai pada konfigurasi 50 knop – 80 knop dengan kompresor diaktifkan. Dengan konfigurasi ini, dapat dicapai temperatur 24 °C - 26°C. Sedangkan untuk proses *heating* aspek kenyamanan termal dapat dicapai dengan konfigurasi 45 knop – 80 knop dengan kondisi dua buah *re-heater* 0,5 KW dinyalakan. Dengan konfigurasi ini, didapatkan RH 55,03% - 61,90%.

Temperatur berbanding terbalik dengan kelembaban. Jika temperatur rendah, maka kelembaban akan tinggi. Dan sebaliknya, jika temperatur naik, maka kelembaban akan turun. Pada aspek kenyamanan termal, temperatur pada ruang kerja berkisar antara 24°C-27°C dengan kelembaban relatif 55%-65%. Dari hasil analisis tersebut, *Air Conditioning Laboratory unit PA Hilton A575* ini masih dapat menghasilkan salah satu aspek

kenyamanan termal yaitu temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan standar yang berlaku.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian sistem monitoring dan akuisisi data *rpm fan*, temperatur dan kelembaban pada *ducting Air Conditioning Laboratory Unit PA Hilton A575* dapat disimpulkan, yaitu :

- a. Sistem monitoring dan akuisisi data *rpm fan*, temperatur dan kelembaban yang dirancang dapat diaplikasikan pada *Air Conditioning Laboratory Unit PA Hilton A575*
- b. Sistem monitoring *rpm* untuk pengukuran *centrifugal fan* memiliki nilai ketidakpastian diperluas (U_{exp}) sebesar $\pm 46,094$ dengan tingkat kepercayaan 95%. Akurasi alat ukur *rpm* adalah 99,1%
- c. Sistem monitoring temperatur memiliki nilai ketidakpastian diperluas (U_{exp}) sebesar $\pm 1,587$ dengan tingkat kepercayaan 95%. Akurasi alat ukur *rpm* adalah 97,61%
- d. Sistem monitoring kelembaban memiliki nilai ketidakpastian diperluas (U_{exp}) sebesar $\pm 2,199$ dengan tingkat kepercayaan 95%. Akurasi alat ukur *rpm* adalah 97,74%
- e. Hasil dari monitoring *rpm*, temperatur dan kelembaban menyatakan bahwa *Air Conditioning Laboratory Unit PA Hilton A575* masih layak untuk menyediakan beberapa aspek dari kenyamanan termal (*thermal comfort*) yaitu kecepatan aliran udara, temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan standar yang berlaku.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian sistem monitoring dan akuisisi data *rpm*, temperatur dan kelembaban pada *Air Conditioning Laboratory Unit PA Hilton A575* ini adalah sebagai berikut :

- a. Penggunaan sensor temperatur dan kelembaban, DHT22 sebaiknya digantikan dengan SHT11
- b. Pembuatan mekanik untuk pembacaan *rpm centrifugal fan* dapat diperbaiki dengan dipermanen, semisal di las
- c. Pada penelitian ini, sistem akuisisi data menggunakan *database*, hal tersebut mempunyai kekurangan yaitu harus terhubung dengan pc. Maka, untuk mempermudah akuisisi data, dapat digunakan *data logger for microcontroller*

DAFTAR PUSTAKA

- Stocker, Wilbert., dkk. 1994. Refrigerasi dan Pengkondisian Udara. Edisi Kedua. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Experimental Operating and Maintenance Manual : Air Conditioning Laboratory Unit A660 PA HILTON LTD*
- Laboratorium Pengukuran Fisis. 2013. "Modul Teknik Pengukuran dan Kalibrasi". ITS. Surabaya
- Bentley, John P. 2005. "*Principles of Measurement System 4th Edition*". London : Prentice Hall.
- Putra, Yeffri Handoko. Analisis Pemodelan berdasarkan Karakteristik dinamik. Unikom: Bandung
- Setiawan, Ivan. 2009. E-book Buku Ajar Sensor dan Transduser. Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Semarang
- Handoko, Yeffry. 2010. "Analisis Pemodelan berdasarkan Karakteristik Dinamik".
- Boutet, Terry S. (1987), *Controlling Air Movement - Manual for Architects and Builders*, McGraw Hill Book Company, New York
- SNL.6390:2011. 2011. "Konservasi Energi Sistem Tata Udara bangunan Gedung". Badan Standardisasi Nasional.
- KAN. 2013. "Pedoman Evaluasi dan Pelaporan Ketidakpastian Pengukuran". Pedoman KAN DP.01.23. Jakarta.

LAMPIRAN A (DATA PENGUJIAN ALAT DAN KALIBRASI)

Tabel 1. Data Pengujian Alat Ukur Rpm

No	Knop Putar	Standar	Pembacaan Naik					Pembacaan Turun					Rata-rata Pengukuran		
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	naik	Turun	Rata-rata
1	30	535.00	240	260	260	240	260	260	260	260	260	280	252	264	258
2	35	654.00	320	320	300	320	320	320	320	320	340	320	316	322	319
3	40	785.00	360	380	360	380	360	380	380	400	380	380	370	386	378
4	45	933.00	460	460	460	460	480	480	460	480	480	480	462	476	469
5	50	1218.00	560	580	560	580	560	580	600	600	600	600	570	596	583
6	55	1504.00	700	700	700	700	700	700	700	700	720	700	700	700	700
7	60	1747.00	840	840	840	840	840	840	840	820	840	840	842	832	837
8	65	1901.00	880	900	880	880	900	880	880	900	880	880	888	886	887
9	70	2001.00	900	920	920	900	920	920	900	920	920	920	914	916	915
10	75	2045.00	940	940	920	940	940	960	940	940	920	940	936	938	937
11	80	2058.00	940	940	940	960	940	940	960	940	940	940	944	946	945
12	85	2083.00	940	960	960	940	960	940	960	940	960	960	952	952	952
13	90	2090.00	960	960	960	960	960	960	960	960	960	960	958	958	958
14	95	2129.00	960	960	960	960	960	960	960	960	960	980	958	962	960
15	100	2158.00	960	960	980	960	960	960	980	960	960	960	966	966	966

Tabel 2. Data Kalibrasi Alat Ukur Rpm

No.	Knop Putar	Pembacaan Standart (t)	Pembacaan Alat										Rata-Rata	Koreksi (y)
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	30	535.00	547.9	502.5	502.5	502.5	502.5	502.5	502.5	502.5	502.5	502.5	504.77	30.23
2	35	654.00	638.7	593.3	593.3	593.3	593.3	638.7	593.3	593.3	593.3	593.3	602.38	51.62
3	40	785.00	774.9	729.5	774.9	774.9	774.9	729.5	774.9	774.9	774.9	774.9	778.31	6.695
4	45	933.00	1001.9	956.5	911.1	956.5	911.1	956.5	956.5	956.5	911.1	956.5	938.34	-5.34
5	50	1218.00	1228.9	1228.9	1228.9	1274.3	1228.9	1228.9	1228.9	1228.9	1228.9	1274.3	1234.72	-16.7169
6	55	1504.00	1546.7	1501.3	1501.3	1501.3	1546.7	1501.3	1501.3	1546.7	1501.3	1501.3	1509.68	-5.68154
7	60	1747.00	1819.1	1819.1	1773.7	1773.7	1819.1	1773.7	1773.7	1773.7	1773.7	1773.7	1783.56	-36.5566
8	65	1901.00	1909.9	1909.9	1909.9	1909.9	1909.9	1909.9	1909.9	1909.9	1909.9	1864.5	1897.32	3.677027
9	70	2001.00	2000.7	2000.7	1955.3	2000.7	1955.3	1955.3	2000.7	1955.3	2000.7	1955.3	1982.54	18.46
10	75	2045.00	2046.1	2000.7	2046.1	2000.7	2000.7	2000.7	2046.1	2000.7	2000.7	2000.7	2014.06	30.93943
11	80	2058.00	2046.1	2091.5	2046.1	2046.1	2046.1	2046.1	2046.1	2046.1	2046.1	2046.1	2047.50	10.49794
12	85	2083.00	2091.5	2091.5	2046.1	2091.5	2046.1	2091.5	2046.1	2091.5	2091.5	2046.1	2074.48	8.525
13	90	2090.00	2091.5	2091.5	2091.5	2091.5	2091.5	2091.5	2091.5	2091.5	2091.5	2091.5	2087.14	2.862656
14	95	2129.00	2136.9	2091.5	2136.9	2091.5	2091.5	2091.5	2091.5	2091.5	2091.5	2136.9	2096.11	32.88677
15	100	2158.00	2136.9	2091.5	2091.5	2136.9	2091.5	2091.5	2091.5	2091.5	2136.9	2091.5	2105.12	52.88
Jumlah		23841.00											23656.02	184.9788
Rata-Rata		1589.40											1577.068	12.33192

Tabel 3. Data Pengujian Alat Ukur Temperatur

No	Temperatur	STD	Alat	Error
1	10	10.56	11.57	-1.01
2	11	11.57	11.95	-0.38
3	15	15.47	15.24	0.23
4	16	16.56	17.05	-0.49
5	17	17.39	17.82	-0.44
6	18	18.40	18.00	0.40
7	19	19.46	19.15	0.31
8	20	20.14	19.95	0.19
9	21	21.36	21.14	0.22
10	22	22.05	21.90	0.15
11	23	23.85	24.16	-0.31
12	24	24.08	24.43	-0.35
13	25	25.13	25.39	-0.26
14	26	26.52	26.65	-0.13
15	27	27.80	27.49	0.31

Tabel 3. Data Pengujian Alat Ukur Temperatur (Lanjutan)

No	Temperatur	STD	Alat	Error
16	28	28.18	27.97	0.21
17	29	29.06	28.93	0.13
18	30	30.54	30.46	0.08
19	31	31.86	31.62	0.24
20	32	32.17	31.78	0.39
21	35	35.89	36.92	-1.03
22	36	36.44	37.98	-1.54
23	37	37.04	38.54	-1.53
24	38	38.10	39.84	-1.75
25	39	39.19	37.82	1.37
26	40	39.70	38.88	0.82
27	41	41.29	39.14	2.15
28	42	42.58	40.36	2.22

Tabel 4. Data Kalibrasi Alat Ukur Temperatur

No.	Suhu	Pembacaan Standart (t)	Pembacaan Alat										Rata-Rata Pemb.	Koreksi (y)
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	10	10.56	11.1	11.6	11.7	11.7	11.6	11.5	11.6	11.6	11.6	11.6	11.57	-1.01
2	11	11.57	11.5	11.6	11.9	12.0	12.3	12.2	12.1	12.2	11.9	11.7	11.95	-0.38
3	15	15.47	14.8	14.9	15.0	15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.5	15.5	15.24	0.23
4	16	16.56	16.5	17.7	16.9	16.3	16.6	17.0	17.3	17.3	17.3	17.3	17.05	-0.49
5	17	17.39	17.4	17.5	17.7	17.6	17.7	17.8	17.9	18.0	18.1	18.1	17.82	-0.44
6	18	18.40	17.8	17.9	17.9	17.9	17.9	18.0	18.0	18.1	18.1	18.1	18.00	0.40
7	19	19.46	18.8	19.0	19.0	19.0	19.1	19.1	19.2	19.3	19.3	19.4	19.15	0.31
8	20	20.14	19.7	19.8	19.8	19.9	19.9	19.9	20.0	20.0	20.1	20.1	19.95	0.19
9	21	21.36	20.9	21.0	21.0	21.1	21.1	21.2	21.1	21.2	21.2	21.2	21.14	0.22
10	22	22.05	21.7	21.8	21.8	21.8	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9	22.0	21.90	0.15
11	23	23.85	23.9	24.0	24.0	24.1	24.1	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.16	-0.31
12	24	24.08	24.2	24.2	24.3	24.4	24.3	24.4	24.5	24.5	24.5	24.5	24.43	-0.35
13	25	25.13	25.2	25.3	25.3	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.3	25.3	25.39	-0.26
14	26	26.52	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.65	-0.13
15	27	27.80	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4	27.5	27.5	27.5	27.5	27.4	27.49	0.31
16	28	28.18	27.9	27.9	27.9	27.9	27.9	27.9	27.9	27.9	27.9	28.0	27.97	0.21
17	29	29.06	28.8	28.9	28.8	28.8	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.93	0.13
18	30	30.54	30.4	30.4	30.4	30.4	30.4	30.4	30.4	30.4	30.4	30.4	30.46	0.08
19	31	31.86	31.4	31.5	31.5	31.6	31.6	31.6	31.6	31.6	31.6	31.6	31.62	0.24
20	32	32.17	31.6	31.7	31.7	31.7	31.7	31.7	31.8	31.8	31.7	31.8	31.78	0.39
21	35	35.89	36.3	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.92	-1.03
22	36	36.44	37.4	37.8	38.1	38.1	37.4	37.8	38.1	38.1	38.1	38.1	37.98	-1.54
23	37	37.04	38.3	38.3	38.3	38.3	38.3	38.3	38.7	38.7	38.7	38.7	38.54	-1.50

Tabel 4. Data Kalibrasi Alat Ukur Temperatur

No.	Suhu	Pembacaan	Pembacaan Alat										Rata-	Koreksi
24	38	38.10	39.7	39.7	39.7	39.7	39.7	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	39.84	-1.74
25	39	39.19	39.7	39.7	39.7	39.7	39.7	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	37.82	1.37
26	40	39.70	37.6	37.6	37.7	37.7	37.7	37.7	37.8	37.8	37.9	37.9	38.88	0.82
27	41	41.29	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	39.14	2.15
28	42	42.58	38.8	38.9	38.9	39.0	39.0	39.1	39.2	39.2	39.2	39.3	40.36	2.22
Juml		762.38											762.126	0.25
Rata		27.23											27.2187	0.00889

No.	Suhu	Pembacaan	Pembacaan Alat										Rata-	Koreksi
24	38	38.10	39.7	39.7	39.7	39.7	39.7	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	39.84	-1.74
25	39	39.19	39.7	39.7	39.7	39.7	39.7	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8	37.82	1.37
26	40	39.70	37.6	37.6	37.7	37.7	37.7	37.7	37.8	37.8	37.9	37.9	38.88	0.82
27	41	41.29	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	38.8	39.14	2.15
28	42	42.58	38.8	38.9	38.9	39.0	39.0	39.1	39.2	39.2	39.2	39.3	40.36	2.22
Juml		762.38											762.126	0.25
Rata		27.23											27.2187	0.00889

Tabel 5. Data Pengujian Alat Ukur Kelembaban

No	Rh	Standar	Alat	Error
1	51	51.25	55.12	-3.87
2	54	54.44	58.12	-3.68
3	55	55.57	58.32	-2.75
4	57	57.52	59.60	-2.08
5	58	58.11	60.19	-2.08
6	61	61.39	61.65	-0.26
7	62	62.10	63.51	-1.41
8	63	63.30	61.89	1.41
9	66	66.16	65.87	0.29
10	69	69.78	72.45	-2.67
11	70	70.47	72.78	-2.31
12	71	71.90	72.23	-0.32
13	72	72.78	72.29	0.49
14	73	73.00	72.70	0.30
15	74	74.81	74.95	-0.14
16	75	75.23	75.22	0.01

Tabel 5. Data Pengujian Alat Ukur Kelembaban (Lanjutan)

No	Rh	Standar	Alat	Error
17	76	76.41	76.26	0.15
18	77	77.22	76.78	0.44
19	80	80.80	79.33	1.47
20	81	81.66	79.44	2.22
21	82	82.87	81.65	1.22

[illegible][illegible]

Tabel 5. Data Kalibrasi Alat Ukur Kelembaban (Lanjutan)

No.	RH	Pembacaan Standart (t)		Pembacaan Alat										Rata-Rata Pemb. Alat (x)			Koreksi (y)	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
16	75	75.23	75.34	75.57	75.57	75.34	75.26	75.03	75.03	75.03	75.03	75.03	75.03	75.22	0.01			
17	76	76.41	76.56	76.41	76.18	76.41	76.41	76.25	76.1	76.1	76.1	76.1	76.1	76.26	0.15			
18	77	77.22	76.41	76.34	76.34	76.49	76.87	76.72	77.03	77.18	77.18	77.26	76.78	0.44				
19	80	80.80	79.33	79.33	79.33	79.33	79.33	79.33	79.33	79.33	79.33	79.33	79.33	1.47				
20	81	81.66	79.48	78.1	80.33	78.95	79.48	78.1	80.33	78.95	80.33	80.33	79.44	2.22				
21	82	82.87	81.71	80.63	81.78	81.78	82.01	82.17	81.71	81.63	81.56	81.56	79.44	3.43				
Jumlah		1436.77												1448.12	-11.35			
Rata-Rata		68.42												68.96	-0.74			

LAMPIRAN B

(Listing Program di Mikrokontroler dan Microsoft Visual Studio 2008)

2.1 Listing Program Arduino Mega 2560

```
int Q = 0;
volatile int rpmcount = 0;
float rpm = 0;
unsigned long lastmillis = 0;
int a;

#include <math.h>
#include "DHT.h"
#include <LiquidCrystal.h>
#include <stdio.h>
LiquidCrystal lcd(12,9,5,4,3,2);

#define DHT1PIN 7
#define DHT2PIN 8

#define DHT1TYPE DHT22
#define DHT2TYPE DHT22

DHT dht1(DHT1PIN, DHT1TYPE);
DHT dht2(DHT2PIN, DHT2TYPE);

void setup(){
  Serial.begin(9600);

  lcd.begin (20, 4);
  attachInterrupt(2, rpm_fan, FALLING);

  dht1.begin();
  dht2.begin();

  lcd.setCursor(0,0);
```

```
lcd.print("T1: ");

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("H1: ");

lcd.setCursor(9,0);
lcd.print("RPM: ");

lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("T2: ");

lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("H2: ");
}

void loop()
{
  if (millis() - lastmillis == 3000){ /*Uptade every second, this will
  be equal to reading frequency (Hz).*/
    detachInterrupt(2); //Disable interrupt when calculating

    float rpm = (rpmcount*20); //Convert frequency to RPM
    float rpm2 = rpm;

    rpmcount = 0; // Restart the RPM counter
    lastmillis = millis(); // Uptade lastmillis
    attachInterrupt(2, rpm_fan, FALLING); //enable interrupt

    float h1 = 0;
    for(int i = 0; i<1000;i++){
      h1 = h1+(dht1.readHumidity())/1000;}
    //float h1akhir = (0.8440*h1)+9.3322;//float h1akhir =
    (0.9809*h1)+8.2512;
    //float h1akhir = (0.8440*h1)+12.3322;
    float h1akhir = (0.7673*h1)+18.713;
```

```
float h2 = 0;
for(int i = 0; i<1000;i++){
h2 = h2+(dht2.readHumidity())/1000;}
float h2akhir = (0.7632*h2)+24.581;
```

```
float t1 = 0;
for(int i = 0; i<1000;i++){
t1 = t1+(dht1.readTemperature())/1000;}
//float t1akhir = (1.058*t1)-1.9087;
float t1akhir = (1.0026*t1)+0.1828;
```

```
float t2 = 0;
for(int i = 0; i<1000;i++){
t2 = t2+(dht2.readTemperature())/1000;}

```

```
float rpmakhir = (2.2700*rpm2)-87.7036;
```

```
//Serial.print("Humidity 1: ");
Serial.print(h1akhir);
//Serial.print("%");
Serial.print(",");
//Serial.print("Temperature 1: ");
Serial.print(t1akhir);
// Serial.print(" C ");
Serial.print(",");
//Serial.print("Humidity 2: ");
Serial.print(h2);
//Serial.print("%");
Serial.print(",");
//Serial.print("Temperature 2: ");
Serial.print(t2);
//Serial.print(" C ");
Serial.print(",");
//Serial.print("RPM =");
Serial.print(rpmakhir,2);
Serial.print(",");
```



```
lcd.setCursor(13,0);  
lcd.print(rpmakhir,1);
```

```
lcd.setCursor(3,0);  
lcd.print(t1akhir,1);  
lcd.print("C ");
```

```
lcd.setCursor(3,1);  
lcd.print(h1akhir,1);  
lcd.print("% ");
```

```
lcd.setCursor(3,2);  
lcd.print(t2,1);  
lcd.print("C ");
```

```
lcd.setCursor(3,3);  
lcd.print(h2,1);  
lcd.print("% ");
```

```
Serial.println();  
}  
}
```

```
void rpm_fan(){ /* this code will be executed every time the  
interrupt 0 (pin2) gets low.*/  
rpmcount++;  
}
```

2.2 Listing program Visual Basic 2008

```
Imports System
Imports System.Threading
Imports System.IO.Ports
Imports System.ComponentModel
Imports System.Data.OleDb

Public Class Form1
    Dim Alldata As String
    Dim i As Integer
    Dim aryTextFile() As String
    Dim myport As Array
    Delegate Sub SetTextCallBack(ByVal [text] As
String)
    Private Sub TampilReader()
        Dim Tampil As String = "Select * From
tblBarang Where KodeBarang='" &
TextBoxcodeID.Text & "'"
        Try
            Using Conn As New
OleDbConnection(My.Settings.dbBarang___CopyConne
ctionString)
                Using cmd As New
OleDbCommand(Tampil, Conn)
                    Conn.Open()
                    Dim reader As
OleDbDataReader = cmd.ExecuteReader
                    While reader.Read
                        TextBoxRH1.Text = reader.GetValue(1)
                        TextBoxT1.Text = reader.GetValue(2)
                        TextBoxRH2.Text = reader.GetValue(3)
                        TextT2.Text = reader.GetValue(4)
                        TextBoxrpm.Text = reader.GetValue(5)
                        TextBox1Tanggal.Text = reader.GetValue(6)
                        TextBox2jam.Text = reader.GetValue(7)
                    End While
                End Using
            End Using
        Catch ex As Exception
            MsgBox(ex.Message())
```

```

        End Try
    End Sub
    Private Sub TampilData()
        Using Conn As New
            OleDbConnection(My.Settings.dbBarang___CopyConne
                ctionString)
                Using Adp As New
                    OleDbDataAdapter("Select * From tblBarang",
                        Conn)
                        Conn.Open()
                        Dim Tabel As New DataTable
                        Adp.Fill(Tabel)
                        DataGridView1.DataSource = Tabel
                End Using
            End Using
        End Sub
        Private Sub Form1_Load(ByVal sender As
            System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
            Handles MyBase.Load

            Me.TblBarangTableAdapter4.Fill(Me._dbBarang___Co
                pyDataSet4.tblBarang)

            TextBoxkodeID.Text = 1

            myport =
            IO.Ports.SerialPort.GetPortNames
            ComboBox1.Items.AddRange(myport)

            ComboBox1.Items.AddRange(IO.Ports.SerialPort.Get
                PortNames)

        End Sub

        Private Sub Button2_Click(ByVal sender As
            System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
            SerialPort1.PortName = ComboBox1.Text
            SerialPort1.BaudRate = ComboBox2.Text
            SerialPort1.Open()

            Button2Mulai.Enabled = True

```



```
        Button3Close.Enabled = True
        Button2Mulai.Visible = False
    End Sub

    Private Sub Button3_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
        'SerialPort1.Close()

        'Button2Mulai.Enabled = False
        'Button3Close.Enabled = False

    End Sub

    Private Sub SerialPort1_DataReceived(ByVal
sender As System.Object, ByVal e As
System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs)
Handles SerialPort1.DataReceived
        receivedText (SerialPort1.ReadExisting())
    End Sub

    Private Sub receivedText(ByVal text As
String)
        If Me.RichTextBox2.InvokeRequired Then
            Dim x As New
            SetTextCallBack(AddressOf receivedText)
            Me.Invoke(x, New Object() {(text)})
        Else
            Me.RichTextBox2.Text &= (text)
            Dim terima As String
            'Dim count As Integer
            terima = RichTextBox2.Text
            'For count As 0 To
aryTextFile.Length - 3
                TextBox5.Text = RichTextBox2.Text

                ' Next
            End If
        End Sub
```

```

Private Sub Timer1_Tick(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles Timer1.Tick
    TextBox1Tanggal.Text = Format(Now, "dd-
MM-yyyy")
    TextBox2jam.Text = Format(Now,
"hh:mm:ss")

    RichTextBox2.Clear()
    Alldata = TextBox5.Text
    aryTextFile = Alldata.Split(",")
    If aryTextFile.Length > 5 Then
        Dim count As Integer
        For count = 0 To aryTextFile.Length
- 2
            Label1rh1.Text = aryTextFile(0)
            Label2t1.Text = aryTextFile(1)
            Label3rh2.Text = aryTextFile(2)
            Label4t2.Text = aryTextFile(3)
            Label5rpm.Text = aryTextFile(4)

        Next
    End If

    TextBoxRH1.Text = Label1rh1.Text
    TextBoxT1.Text = Label2t1.Text
    TextBoxRH2.Text = Label3rh2.Text
    TextT2.Text = Label4t2.Text
    TextBoxrpm.Text = Label5rpm.Text

End Sub

Private Sub Timer2_Tick(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles Timer2.Tick
    Label6.Text = Format(Now, "dd-MM-yyy")
    Label7.Text = Format(Now, "hh:mm:ss")

Me.Chart1.Series("RH1").Points.AddY(Label1rh1.Te
xt)

```

```
Me.Chart2.Series("T1").Points.AddY(Label2t1.Text  
)
```

```
Me.Chart3.Series("RH2").Points.AddY(Label3rh2.Te  
xt)
```

```
Me.Chart4.Series("T2").Points.AddY(Label4t2.Text  
)
```

```
Me.Chart5.Series("RPM").Points.AddY(Label5rpm.Te  
xt)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer4_Tick(ByVal sender As  
System.Object, ByVal e As System.EventArgs)  
Handles Timer4.Tick
```

```
Dim Tambah As String = "Insert Into  
tblBarang Values('" & TextBoxkodeID.Text & "','"  
& TextBoxRH1.Text & "',''" & TextBoxT1.Text &  
"',''" & TextBoxRH2.Text & "',''" & TextT2.Text &  
"',''" & TextBoxrpm.Text & "',''" &  
TextBox1Tanggal.Text & "',''" & TextBox2jam.Text  
& "')" "
```

```
Try
```

```
Using Conn As New  
OleDbConnection(My.Settings.dbBarang___CopyConne  
ctionString)
```

```
Using cmd As New  
OleDbCommand(Tambah, Conn)  
Conn.Open()  
cmd.ExecuteNonQuery()
```

```
TampilData()
```

```
End Using
```

```
End Using
```

```
Catch ex As Exception  
MsgBox(ex.Message)
```

```
End Try
```



```

        TextBoxkodeID.Text =
Val(TextBoxkodeID.Text) + 1

    End Sub

    Private Sub TextBox1_KeyPress(ByVal sender
As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.KeyPressEventArgs)
        If e.KeyChar = Chr(13) Then
            TampilReader()
        End If
    End Sub

    Private Sub Button2_Click_1(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles Button2Mulai.Click
        SerialPort1.PortName = ComboBox1.Text
        SerialPort1.BaudRate = ComboBox2.Text
        SerialPort1.Open()
        Button2Mulai.Enabled = True
        Button2Mulai.Visible = False

    End Sub

    Private Sub Button3Close_Click(ByVal sender
As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles Button3Close.Click
        SerialPort1.Close()

        Button2Mulai.Visible = True
        Timer4.Enabled = False
        Timer5.Enabled = False
    End Sub

    Private Sub Timer5_Tick(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles Timer5.Tick
        TextBoxRH1.Clear()
        TextBoxT1.Clear()
        TextBoxRH2.Clear()
        TextT2.Clear()

```

```

        TextBoxrpm.Clear()
    End Sub
    Private Sub Button1tambah_Click_2(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button1tambah.Click
        Dim Tambah As String = "Insert Into tblBarang Values('" & TextBoxkodeID.Text & "','" & TextBoxRH1.Text & "','" & TextBoxT1.Text & "','" & TextBoxRH2.Text & "','" & TextT2.Text & "','" & TextBoxrpm.Text & "','" & TextBox1Tanggal.Text & "','" & TextBox2jam.Text & "')"
        Try
            Using Conn As New OleDbConnection(My.Settings.dbBarang___CopyConnectionString)
                Using cmd As New OleDbCommand(Tambah, Conn)
                    Conn.Open()
                    cmd.ExecuteNonQuery()
                    MsgBox("Data Berhasil Ditambah", MsgBoxStyle.Information, "Perhatian")
                    TampilData()
                End Using
            End Using
        Catch ex As Exception
            MsgBox(ex.Message)
        End Try

        TextBoxkodeID.Text = Val(TextBoxkodeID.Text) + 1
    End Sub

    Private Sub Button2edit_Click_2(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button2edit.Click
        Dim Ubah As String = "Update tblBarang Set NamaBarang='" & TextBoxRH1.Text & "','" & HargaBeli='" & TextBoxT1.Text & "','" & HargaJual='" & TextBoxRH2.Text & "','" & Jumlah='" & TextT2.Text & "','" & RPM='" & TextBoxrpm.Text & "','" & Date ='&
    End Sub

```

```

TextBox1Tanggal.Text & "'", Time = '" &
TextBox2jam.Text & "' Where KodeBarang='" &
TextBoxkodeID.Text & "'"
    Try
        Using Conn As New
            OleDbConnection(My.Settings.dbBarang___CopyConne
                ctionString)
            Using cmd As New
                OleDbCommand(Ubah, Conn)
                Conn.Open()
                cmd.ExecuteNonQuery()
                MsgBox("Data Berhasil
DiUbah", MsgBoxStyle.Information, "Perhatian")
                TampilData()
            End Using
        End Using
    Catch ex As Exception
        MsgBox(ex.Message)
    End Try
End Sub

Private Sub Button3hapus_Click_2(ByVal
sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button3hapus.Click
    Dim Hapus As String = "Delete From
tblBarang Where KodeBarang='" &
TextBoxkodeID.Text & "'"
    Try
        Using Conn As New
            OleDbConnection(My.Settings.dbBarang___CopyConne
                ctionString)
            Using cmd As New
                OleDbCommand(Hapus, Conn)
                Conn.Open()
                cmd.ExecuteNonQuery()
                MsgBox("Data Berhasil
Dihapus", MsgBoxStyle.Information, "Perhatian")
                TampilData()
            End Using
        End Using
    Catch ex As Exception

```



```
        MsgBox(ex.Message)
    End Try
End Sub

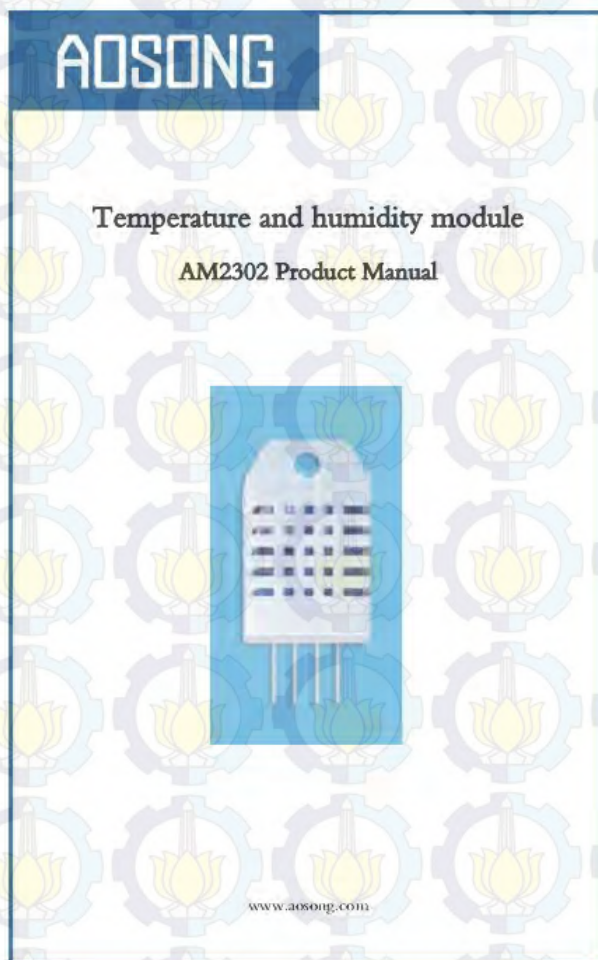
Private Sub Button4keluar_Click_1(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button4keluar.Click
    Menu3pilihan.Show()
End Sub

Private Sub Button1Record_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button1Record.Click
    Timer4.Enabled = True
End Sub

Private Sub Button1stoprecord_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button1stoprecord.Click
    Timer4.Enabled = False
End Sub

End Class
```

2.2 Datasheet DHT22

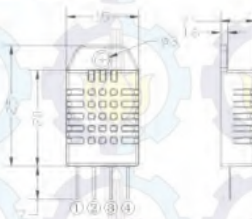


1、Product Overview

AM2302 capacitive humidity sensing digital temperature and humidity module is one that contains the compound has been calibrated digital signal output of the temperature and humidity sensors. Application of a dedicated digital modules collection technology and the temperature and humidity sensing technology, to ensure that the product has high reliability and excellent long-term stability. The sensor includes a capacitive sensor wet components and a high-precision temperature measurement devices, and connected with a high-performance 8-bit microcontroller. The product has excellent quality, fast response, strong anti-pumping capability, and high cost. Each sensor is extremely accurate humidity calibration chamber calibration. The form of procedures, the calibration coefficients stored in the microcontroller, the sensor within the processing of the heartbeat to call these calibration coefficients. Standard single-bus interface, system integration quick and easy. Small size, low power consumption, signal transmission distance up to 20 meters, making it the best choice of all kinds of applications and even the most demanding applications. Products for the 3-lead (single-bus interface) connection convenience. Special packages according to user needs.



Physical map



Dimensions (unit: mm)

2、Applications

HVAC, dehumidifier, testing and inspection equipment, consumer goods, automotive, automatic control, data loggers, home appliances, humidity regulator, medical, weather stations, and other humidity measurement and control and so on.

3、Features

Ultra-low power, the transmission distance, fully automated calibration, the use of capacitive humidity sensor, completely interchangeable, standard digital single-bus output, excellent long-term stability, high accuracy temperature measurement devices.

4、The definition of single-bus interface

4.1 AM2302 Pin assignments

Table 1: AM2302 Pin assignments

Pin	Name	Description
(1)	VDD	Power (3.3V~5.5V)
(2)	SDA	Serial data, bidirectional port
(3)	NC	Empty
(4)	GND	Ground



FIG1: AM2302 Pin Assignment

4.2 Power supply pins (VDD GND)

AM2302 supply voltage range 3.3V ~ 5.5V, recommended supply voltage is 5V.

4.3 Serial data (SDA)

SDA pin is tri structure for reading, writing sensor data. Specific communication timing, see the detailed description of the communication protocol.

5、Sensor performance

5.1 Relative humidity

Table 2: AM2302 Relative humidity performance table

Parameter	Condition	min	typ	max	Unit
Resolution			0.1		%RH
Range		0		99.9	%RH
Accuracy ⁽¹⁾	25°C		±2		%RH
Repeatability			±0.3		%RH
Exchange		Completely interchangeable			
Response ⁽²⁾	1/e(63%)		<5		S
Stability			<0.3		%RH
Drift ⁽³⁾	Typical		<0.5		%RH/yr

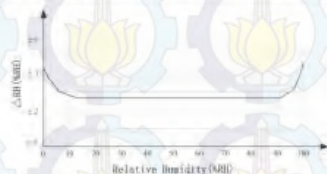


FIG2: At25°C The error of relative humidity

5.2 Temperature

Table 3: AM2302 Relative temperature performance

Parameter	Condition	min	typ	max	Unit
Resolution			0.1		°C
Range			16		bit
Accuracy			±0.5	±1	°C
Range		-40		80	°C
Repeat			±0.2		°C
Exchange		Completely interchangeable			
Response	1/e(63%)		<10		S
Drift			±0.3		°C/yr

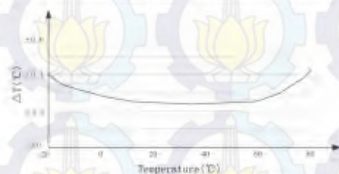


FIG3: The maximum temperature error

6. Electrical Characteristics

Electrical characteristics, such as energy consumption, high, low, input, output voltage, depending on the power supply. Table 4 detail the electrical characteristics of the AM2302, if not identified, said supply voltage of 5V. To get the best results with the sensor, please design strictly in accordance with the conditions of design in Table 4.

Table 4: AM2302 IC Characteristics

Parameter	Condition	min	typ	max	Unit
Voltage		3.3	5	5.5	V
Power consumption ^{B)}	Dormancy	10	15		μA
	Measuring		300		μA
	Average		300		μA
Low level output voltage	I _{OL} ^{B)}	0		300	mV
High output voltage	R _p < 25 kΩ	90%		100%	VDD
Low input voltage	Decline	0		30%	VDD
Input High Voltage	R _{se}	70%		100%	VDD
R _{pu} ^{B)}	VDD = 5V VIN = VSS	30	45	60	kΩ
Output current	turn on		8		mA
	turn off	10	20		μA
Sampling period		2			S

B) the accuracy of the factory inspection, the sensor 25°C and 5V, the accuracy specification of test conditions, it does not include hysteresis and nonlinearity, and is only suitable for non-conducting environment.

B) to achieve an order of 60% of the time required under the conditions of 25°C and 1m/s airflow.

B) in the volatile organic compounds, the values may be higher. See the manual application to store information.

B) this value at VDD = 5.0V when the temperature is 25°C, 2S / time, under the conditions of the average.

B) low output current.

B) that the pull-up resistor.

7. Single-bus communication (ONE-WIRE)

7.1 Typical circuits for single bus

Microprocessor and AM2302 connection typical application circuit is shown in Figure 4. Single bus communication mode, pull the SDA microprocessor I/O port is connected.

Special instructions of the single-bus communication:

1. Typical application circuit recommended in the short cable length of 30 meters on the 5.1K pull-up resistor pullup resistor according to the actual situation of lower than 30 m.
2. With 3.3V supply voltage, cable length shall not be greater than 100cm. Otherwise, the line voltage drop will lead to the sensor power supply, resulting in measurement error.
3. Read the sensor minimum time interval for the 2S, read interval is less than 2S, may cause the temperature and humidity are not allowed or communication is unsuccessful, etc..
4. Temperature and humidity values are each read out the results of the last measurement. For real-time data that need continuous read twice, we recommend repeatedly to read sensors, and each read sensor interval is greater than 2 seconds to obtain accurate data.



Single bus Description

Single bus to send data definition

Pic5: AM2302 Single-bus communication protocol

Table 5: AM2.X02 Communication format specifier

Name	Single-bus format definition
Start signal	Microprocessor data bus (SDA) to bring down a period of time (at least 800µs) [1] notify the sensor to prepare the data.
Response signal	Sensor data bus (SDA) is pulled down to 80µs, followed by high 80µs response to host the start signal.
Data format	Host the start signal is received, the sensor one-time string from the data bus (SDA) 40 data, the high first-out.
Humidity	Humidity resolution of 16bit, the previous high; humidity sensor string value \times 10 times the actual humidity values.
Temp.	Temperature resolution of 16bit, the previous high; temperature sensor string value \times 10 times the actual temperature value; The temperature is the highest bit (bit15) is equal to 1 indicates a negative temperature, the temperature is the highest bit (bit15) is equal to 0 indicates a positive temperature; Temperature in addition to the most significant bit (bit14-bit 0) temperature values.
Parity bit	Parity bit = humidity high + humidity low + temperature high + temperature low

Single-bus data calculation example

Example 1: 40 Data received:

0000 0010	1001 0010	0000 0001	0000 1101	1010 0010
High humidity 8	Low humidity 8	High temp. 8	Low temp. 8	Parity bit

Calculate:

$0000\ 0010 + 1001\ 0010 + 0000\ 0001 + 0000\ 1101 = 1010\ 0010$ (Parity bit)

Received data is correct:

humidity: $0000\ 0010\ 1001\ 0010 = 0292H$ (Hexadecimal) $= 2 \times 256 + 9 \times 16 + 2 = 658$

\Rightarrow Humidity = 65.8%RH

Temp.: $0000\ 0001\ 0000\ 1101 = 1001H$ (Hexadecimal) $= 1 \times 256 + 0 \times 16 + 13 = 269$

\Rightarrow Temp. = -26.9°C

Special Instructions:

When the temperature is below 0 °C, the highest position of the temperature data.

Example: -10.1 °C Expressed as 1 000 0000 0110 0101

Temp.: $0000\ 0000\ 0110\ 0101 = 0065H$ (Hexadecimal) $= 6 \times 16 + 5 = 101$

\Rightarrow Temp. = -10.1°C

Example 2: 40 received data:

0000 0010	1001 0010	0000 0001	0000 1101	1011 0010
High humidity 8	Low humidity 8	High temp. 8	Low temp. 8	Parity bit

Calculate:

$0000\ 0010 + 1001\ 0010 + 0000\ 0001 + 0000\ 1101 = 1010\ 0010 \neq 1011\ 0010$ (Validation error)

The received data is not correct, give up, to re-receive data.

2.3 Datasheet Hall Effect

3141 THRU 3144

Data Sheet
Z0621.6B-1

SENSITIVE HALL-EFFECT SWITCHES FOR HIGH-TEMPERATURE OPERATION



Dim. F11.00A

Pinning is shown viewed from branded side.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS at $T_A = +25^\circ\text{C}$

Supply Voltage, V_{CC}	28 V
Reverse Battery Voltage, V_{REV}	-35 V
Magnetic Flux Density, B	Unlimited
Output OFF Voltage, V_{OFF}	28 V
Reverse Output Voltage, V_{OVR}	-0.5 V
Continuous Output Current, I_{OUT}	25 mA
Operating Temperature Range, T_A	
Suffix 'E'	-40°C to $+85^\circ\text{C}$
Suffix 'L'	-40°C to $+150^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range, T_S	-65°C to $+170^\circ\text{C}$

These Hall-effect switches are monolithic integrated circuits with tighter magnetic specifications, designed to operate continuously over extended temperatures to $+150^\circ\text{C}$, and are more stable with both temperature and supply voltage changes. The unipolar switching characteristic makes these devices ideal for use with a simple bar or rod magnet. The four basic devices (3141, 3142, 3143, and 3144) are identical except for magnetic switch points.

Each device includes a voltage regulator for operation with supply voltages of 4.5 to 24 volts, reverse battery protection diode, quadratic Hall-voltage generator, temperature compensation circuitry, small-signal amplifier, Schmitt trigger, and an open-collector output to sink up to 25 mA. With suitable output pull up, they can be used with bipolar or CMOS logic circuits. The A3141- and A3142- are improved replacements for the UGN/UGS3140-; the A3144- is the improved replacement for the UGN/UGS3120-.

The first character of the part number suffix determines the device operating temperature range. Suffix 'E-' is for the automotive and industrial temperature range of -40°C to $+85^\circ\text{C}$. Suffix 'L-' is for the automotive and military temperature range of -40°C to $+150^\circ\text{C}$. Three package styles provide a magnetically optimized package for most applications. Suffix '-LT' is a miniature SOT89/TO-243AA transistor package for surface-mount applications; suffix '-UA' is a three-lead ultra-mini-SIP.

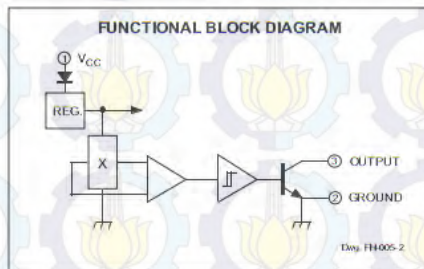
FEATURES and BENEFITS

- Superior Temp. Stability for Automotive or Industrial Applications
- 4.5 V to 24 V Operation ... Needs Only An Unregulated Supply
- Open-Collector 25 mA Output ... Compatible with Digital Logic
- Reverse Battery Protection
- Activate with Small, Commercially Available Permanent Magnets
- Solid-State Reliability
- Small Size
- Resistant to Physical Stress

Always order by complete part number, e.g., **A3141ELT**.



3141 THRU 3144
SENSITIVE
HALL-EFFECT SWITCHES
FOR HIGH-TEMP. OPERATION



ELECTRICAL CHARACTERISTICS at $V_{CC} = 8\text{ V}$ over operating temperature range.

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Limits		
			Min.	Typ.	Max. Units
Supply Voltage	V_{CC}	Operating	4.5	—	24 V
Output Saturation Voltage	$V_{OUT(SAT)}$	$I_{OUT} = 20\text{ mA}$, $B > B_{OP}$	—	175	400 mV
Output Leakage Current	I_{OFF}	$V_{OUT} = 24\text{ V}$, $B < B_{RP}$	—	<1.0	10 μA
Supply Current	I_{CC}	$B < B_{RP}$ (Output OFF)	—	4.4	9.0 mA
Output Rise Time	t_r	$R_L = 820\ \Omega$, $C_L = 20\text{ pF}$	—	0.04	2.0 μs
Output Fall Time	t_f	$R_L = 820\ \Omega$, $C_L = 20\text{ pF}$	—	0.18	2.0 μs

MAGNETIC CHARACTERISTICS in gauss over operating supply voltage range.

Characteristic	Part Numbers*											
	A3141—			A3142—			A3143—			A3144—		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
B_{OP} at $T_A = 25^\circ\text{C}$	50	100	160	130	180	230	220	280	340	70	—	350
over operating temp. range	30	100	175	115	180	245	205	280	355	35	—	450
B_{RP} at $T_A = 25^\circ\text{C}$	10	45	130	75	125	175	165	225	285	50	—	330
over operating temp. range	10	45	145	60	125	190	150	225	300	25	—	430
B_{HYS} at $T_A = 25^\circ\text{C}$	20	55	80	30	55	80	30	55	80	20	55	—
over operating temp. range	20	55	80	30	55	80	30	55	80	20	55	—

NOTES: Typical values are at $T_A = +25^\circ\text{C}$ and $V_{CC} = 8\text{ V}$.

B_{OP} = operate point (output turns ON); B_{RP} = release point (output turns OFF); B_{HYS} = hysteresis ($B_{RP} - B_{OP}$).

1 gauss (G) is exactly equal to 0.1 millitesla (mT).

*Complete part number includes a suffix to identify operating temperature range (—I— or —L—) and package type (—LT or —UA).



115 Northeast Cuttoli, Box 15016
Worcester, Massachusetts 01615-0016 (508) 851-5000
Copyright © 1991, 2002 Allegro Microsystems, Inc.

LAMPIRAN D
(Data Monitoring Rpm Fan, Temperatur dan Kelembaban)

a. Monitoring temperatur lingkungan

Tabel 1. Data monitoring 30-45 knop, temperatur lingkungan

ID	RH1	T1	RH2	T2	Rpm	Date	Time
1	64.6	28.76	65.87	28.4	502.5	6/29/2015	1:21
2	64.52	28.66	65.79	28.4	547.9	6/29/2015	1:21
3	64.52	28.66	65.79	28.4	502.5	6/29/2015	1:21
4	64.52	28.66	65.79	28.4	502.5	6/29/2015	1:21
5	64.52	28.76	65.72	28.4	547.9	6/29/2015	1:21
6	64.52	28.76	65.79	28.4	502.5	6/29/2015	1:21
7	64.52	28.76	65.79	28.4	502.5	6/29/2015	1:21
8	64.52	28.66	65.79	28.4	547.9	6/29/2015	1:21
9	64.52	28.66	65.79	28.4	502.5	6/29/2015	1:21
10	64.52	28.66	65.79	28.4	502.5	6/29/2015	1:21
11	64.52	28.66	65.79	28.4	547.9	6/29/2015	1:21
12	64.52	28.66	65.79	28.4	502.5	6/29/2015	1:21
13	64.52	28.66	65.79	28.4	502.5	6/29/2015	1:21
14	64.52	28.66	65.79	28.4	547.9	6/29/2015	1:21
15	64.52	28.66	65.79	28.4	502.5	6/29/2015	1:21
16	64.52	28.66	65.79	28.4	502.5	6/29/2015	1:21
17	64.52	28.66	65.79	28.4	547.9	6/29/2015	1:21
18	64.52	28.66	65.72	28.4	502.5	6/29/2015	1:21
19	64.52	28.66	65.72	28.4	502.5	6/29/2015	1:21
20	64.52	28.56	65.72	28.4	547.9	6/29/2015	1:21
21	64.52	28.66	65.72	28.4	502.5	6/29/2015	1:22
22	64.52	28.66	65.72	28.4	502.5	6/29/2015	1:22
23	64.52	28.66	65.79	28.4	547.9	6/29/2015	1:22
24	64.67	28.66	65.87	28.4	502.5	6/29/2015	1:22
25	64.67	28.66	65.87	28.4	502.5	6/29/2015	1:22

Tabel 1. (Lanjutan)

ID	RH1	T1	RH2	T2	Rpm	Date	Time
26	64.83	28.66	66.10	28.4	547.9	6/29/2015	1:22
27	65.06	28.66	66.33	28.4	502.5	6/29/2015	1:22
28	65.06	28.66	66.33	28.4	502.5	6/29/2015	1:22
29	65.06	28.66	66.33	28.4	502.5	6/29/2015	1:22
30	65.13	28.66	66.40	28.4	502.5	6/29/2015	1:22
31	65.06	28.66	66.33	28.4	502.5	6/29/2015	1:22
32	65.06	28.66	66.33	28.4	502.5	6/29/2015	1:22
33	64.98	28.56	66.25	28.4	547.9	6/29/2015	1:22
34	64.98	28.56	66.25	28.4	547.9	6/29/2015	1:22
35	64.9	28.56	66.10	28.4	502.5	6/29/2015	1:22
36	64.9	28.56	66.10	28.4	547.9	6/29/2015	1:22
37	64.9	28.56	66.10	28.4	547.9	6/29/2015	1:22
38	64.9	28.56	66.10	28.4	502.5	6/29/2015	1:22
39	64.9	28.56	66.10	28.4	502.5	6/29/2015	1:22
40	64.9	28.56	66.10	28.4	502.5	6/29/2015	1:22
41	64.98	28.56	66.10	28.4	547.9	6/29/2015	1:22
42	64.98	28.56	66.18	28.4	502.5	6/29/2015	1:22
43	64.98	28.56	66.18	28.4	502.5	6/29/2015	1:22
44	65.06	28.56	66.25	28.4	547.9	6/29/2015	1:22
45	65.13	28.56	66.33	28.4	502.5	6/29/2015	1:22
46	65.13	28.56	66.33	28.4	502.5	6/29/2015	1:22
47	65.29	28.56	66.48	28.4	502.5	6/29/2015	1:22
48	65.36	28.56	66.56	28.4	547.9	6/29/2015	1:22
49	65.36	28.56	66.56	28.4	547.9	6/29/2015	1:22
50	65.44	28.56	66.63	28.4	502.5	6/29/2015	1:22
51	65.52	28.56	66.63	28.3	502.5	6/29/2015	1:23
52	65.52	28.56	66.63	28.3	502.5	6/29/2015	1:23
53	65.67	28.56	66.79	28.4	547.9	6/29/2015	1:23

Tabel 1. (Lanjutan)

ID	RH1	T1	RH2	T2	Rpm	Date	Time
54	65.67	28.56	66.79	28.3	502.5	6/29/2015	1:23
55	65.67	28.56	66.79	28.3	502.5	6/29/2015	1:23
56	65.52	28.56	66.71	28.3	502.5	6/29/2015	1:23
57	65.44	28.56	66.63	28.3	547.9	6/29/2015	1:23
58	65.44	28.56	66.63	28.3	547.9	6/29/2015	1:23
59	65.44	28.56	66.56	28.3	502.5	6/29/2015	1:23
60	65.36	28.56	66.56	28.3	502.5	6/29/2015	1:23
61	65.36	28.56	66.56	28.3	502.5	6/29/2015	1:23
62	65.36	28.56	66.48	28.3	502.5	6/29/2015	1:23
63	65.29	28.56	66.48	28.3	547.9	6/29/2015	1:23
64	65.29	28.56	66.48	28.3	547.9	6/29/2015	1:23
65	65.21	28.56	66.40	28.3	502.5	6/29/2015	1:23
66	65.13	28.56	66.33	28.3	547.9	6/29/2015	1:23
67	65.13	28.56	66.33	28.3	547.9	6/29/2015	1:23
68	65.13	28.56	66.33	28.3	502.5	6/29/2015	1:23
69	65.13	28.56	66.33	28.3	502.5	6/29/2015	1:23
70	65.13	28.56	66.33	28.3	502.5	6/29/2015	1:23
71	65.36	28.56	66.48	28.3	547.9	6/29/2015	1:23
72	65.52	28.56	66.63	28.3	502.5	6/29/2015	1:23
73	65.52	28.56	66.63	28.3	502.5	6/29/2015	1:23
74	65.6	28.56	66.79	28.3	547.9	6/29/2015	1:23
75	65.44	28.56	66.63	28.3	502.5	6/29/2015	1:23
76	65.44	28.56	66.63	28.3	502.5	6/29/2015	1:23
77	65.44	28.56	66.63	28.3	502.5	6/29/2015	1:23
78	65.44	28.56	66.56	28.3	502.5	6/29/2015	1:23
79	65.36	28.56	66.56	28.3	547.9	6/29/2015	1:23
80	65.36	28.56	66.56	28.3	547.9	6/29/2015	1:23
81	65.36	28.56	66.56	28.3	502.5	6/29/2015	1:24

Tabel 1. (Lanjutan)

ID	RH1	T1	RH2	T2	Rpm	Date	Time
82	65.44	28.56	66.56	28.3	502.5	6/29/2015	1:24
83	65.44	28.56	66.56	28.3	502.5	6/29/2015	1:24
84	65.67	28.56	66.79	28.3	547.9	6/29/2015	1:24
85	65.67	28.56	66.86	28.3	502.5	6/29/2015	1:24
86	65.67	28.56	66.86	28.3	502.5	6/29/2015	1:24
87	65.52	28.46	66.63	28.3	547.9	6/29/2015	1:24
88	65.52	28.46	66.63	28.3	502.5	6/29/2015	1:24
89	65.52	28.46	66.63	28.3	502.5	6/29/2015	1:24
90	65.6	28.56	66.71	28.3	547.9	6/29/2015	1:24
91	65.67	28.46	66.79	28.3	502.5	6/29/2015	1:24
92	65.67	28.46	66.79	28.3	502.5	6/29/2015	1:24
93	65.67	28.46	66.79	28.3	502.5	6/29/2015	1:24
94	65.67	28.46	66.79	28.2	547.9	6/29/2015	1:24
95	65.67	28.46	66.79	28.2	547.9	6/29/2015	1:24
96	65.67	28.56	66.71	28.3	547.9	6/29/2015	1:24
97	65.67	28.56	66.71	28.3	547.9	6/29/2015	1:24
98	65.6	28.46	66.71	28.2	638.7	6/29/2015	1:24
99	65.6	28.46	66.71	28.3	684.1	6/29/2015	1:24
100	65.6	28.46	66.71	28.3	684.1	6/29/2015	1:24
101	65.6	28.46	66.71	28.3	638.7	6/29/2015	1:24
102	65.52	28.46	66.63	28.3	638.7	6/29/2015	1:24
103	65.52	28.46	66.63	28.3	638.7	6/29/2015	1:24
104	65.44	28.46	66.56	28.2	638.7	6/29/2015	1:24
105	65.52	28.46	66.63	28.3	638.7	6/29/2015	1:24
106	65.52	28.46	66.63	28.3	638.7	6/29/2015	1:24
107	65.52	28.46	66.63	28.2	684.1	6/29/2015	1:24
108	65.52	28.46	66.63	28.2	638.7	6/29/2015	1:24
109	65.52	28.46	66.63	28.2	638.7	6/29/2015	1:24

b. Monitoring Proses Refrigerasi

Tabel 2. Data monitoring 30-45 knop, proses refrigerasi

ID	RH1	T1	RH2	T2	Rpm	Date	Time
1	65.21	28.76	65.26	27.3	502.5	6/29/2015	1:46
2	65.21	28.76	65.26	27.3	502.5	6/29/2015	1:46
3	65.29	28.76	65.03	27	502.5	6/29/2015	1:46
4	65.29	28.76	64.42	26.6	547.9	6/29/2015	1:46
5	65.29	28.76	64.42	26.6	547.9	6/29/2015	1:46
6	65.29	28.76	64.42	26.6	547.9	6/29/2015	1:46
7	65.29	28.76	64.42	26	502.5	6/29/2015	1:46
8	65.36	28.76	64.27	25.6	502.5	6/29/2015	1:46
9	65.36	28.76	64.27	25.6	502.5	6/29/2015	1:46
10	65.36	28.86	64.19	25.3	547.9	6/29/2015	1:46
11	65.29	28.76	64.34	25	502.5	6/29/2015	1:46
12	65.29	28.76	64.34	25	502.5	6/29/2015	1:46
13	65.29	28.86	64.57	24.7	502.5	6/29/2015	1:46
14	65.29	28.86	64.88	24.5	502.5	6/29/2015	1:46
15	65.29	28.86	64.88	24.5	502.5	6/29/2015	1:46
16	65.29	28.86	65.03	24.2	502.5	6/29/2015	1:46
17	65.21	28.86	65.26	24	547.9	6/29/2015	1:46
18	65.21	28.86	65.26	24	547.9	6/29/2015	1:47
19	65.21	28.86	65.18	23.8	502.5	6/29/2015	1:47
20	65.13	28.86	65.95	23.6	502.5	6/29/2015	1:47
21	65.13	28.86	65.95	23.6	502.5	6/29/2015	1:47
22	65.13	28.86	66.18	23.5	502.5	6/29/2015	1:47
23	65.06	28.86	66.33	23.3	502.5	6/29/2015	1:47
24	64.98	28.96	66.40	23.2	502.5	6/29/2015	1:47
25	64.98	28.96	66.40	23.2	502.5	6/29/2015	1:47
26	64.98	28.86	66.56	23	502.5	6/29/2015	1:47

Tabel 2. (Lanjutan)

ID	RH1	T1	RH2	T2	Rpm	Date	Time
27	64.98	28.86	66.56	23	502.5	6/29/2015	1:47
28	64.98	28.86	66.56	23	502.5	6/29/2015	1:47
29	64.98	28.86	66.56	23	502.5	6/29/2015	1:47
30	64.98	28.86	66.56	23	502.5	6/29/2015	1:47
31	64.83	28.96	66.79	22.6	547.9	6/29/2015	1:47
32	64.83	28.96	66.79	22.6	547.9	6/29/2015	1:47
33	64.83	28.96	66.79	22.6	547.9	6/29/2015	1:47
34	64.75	28.96	66.86	22.2	502.5	6/29/2015	1:47
35	64.75	28.96	66.86	22.2	502.5	6/29/2015	1:47
36	64.67	28.96	67.55	21.9	502.5	6/29/2015	1:47
37	64.67	28.96	67.55	21.9	502.5	6/29/2015	1:47
38	64.6	28.96	67.93	21.6	502.5	6/29/2015	1:47
39	64.6	28.96	68.08	21.5	502.5	6/29/2015	1:47
40	64.6	28.96	68.08	21.5	502.5	6/29/2015	1:47
41	64.52	28.96	68.54	21.4	547.9	6/29/2015	1:47
42	64.52	28.96	68.62	21.3	502.5	6/29/2015	1:47
43	64.52	28.96	68.62	21.3	502.5	6/29/2015	1:47
44	64.52	28.96	69.00	21.2	502.5	6/29/2015	1:47
45	64.52	29.06	69.38	21.2	547.9	6/29/2015	1:47
46	64.52	29.06	69.38	21.2	547.9	6/29/2015	1:48
47	64.52	28.96	69.53	21.1	502.5	6/29/2015	1:48
48	64.52	29.06	69.84	21	502.5	6/29/2015	1:48
49	64.52	29.06	69.84	21	502.5	6/29/2015	1:48
50	64.52	29.06	70.22	20.9	502.5	6/29/2015	1:48
51	64.52	29.06	71.14	20.8	547.9	6/29/2015	1:48
52	64.52	29.06	71.14	20.8	547.9	6/29/2015	1:48
53	64.52	29.06	71.44	20.9	502.5	6/29/2015	1:48
54	64.52	29.06	71.75	20.8	502.5	6/29/2015	1:48

Tabel 2. (Lanjutan)

ID	RH1	T1	RH2	T2	Rpm	Date	Time
55	64.52	29.06	71.75	20.8	502.5	6/29/2015	1:48
56	64.44	29.06	71.82	20.8	502.5	6/29/2015	1:48
57	64.29	29.06	73.04	20.7	547.9	6/29/2015	1:48
58	64.14	29.06	73.96	20.8	502.5	6/29/2015	1:48
59	64.14	29.16	73.88	20.7	502.5	6/29/2015	1:48
60	64.14	29.16	74.34	20.7	502.5	6/29/2015	1:48
61	64.14	29.16	74.34	20.7	502.5	6/29/2015	1:48
62	64.14	29.16	74.27	20.5	502.5	6/29/2015	1:48
63	64.14	29.16	74.27	20.5	502.5	6/29/2015	1:48
64	64.21	29.16	74.72	20.5	502.5	6/29/2015	1:48
65	64.21	29.16	74.88	20.5	502.5	6/29/2015	1:48
66	64.21	29.16	75.10	20.4	593.3	6/29/2015	1:48
67	64.21	29.16	75.10	20.4	593.3	6/29/2015	1:48
68	64.21	29.16	75.41	20.3	638.7	6/29/2015	1:48
69	64.21	29.16	76.94	20.3	638.7	6/29/2015	1:48
70	64.21	29.16	76.94	20.3	638.7	6/29/2015	1:48
71	64.21	29.16	77.47	20.4	638.7	6/29/2015	1:48
72	64.21	29.16	77.47	20.4	638.7	6/29/2015	1:49
73	64.29	29.16	79.15	20.4	638.7	6/29/2015	1:49
74	64.29	29.16	79.23	20.4	638.7	6/29/2015	1:49
75	64.29	29.16	79.23	20.4	638.7	6/29/2015	1:49
76	64.21	29.16	80.22	20.4	638.7	6/29/2015	1:49
77	64.6	29.26	80.60	20.5	638.7	6/29/2015	1:49
78	64.6	29.26	80.60	20.5	638.7	6/29/2015	1:49
79	64.14	29.16	81.13	20.5	638.7	6/29/2015	1:49
80	64.06	29.16	81.82	20.6	684.1	6/29/2015	1:49
81	64.06	29.16	81.82	20.6	684.1	6/29/2015	1:49
82	63.91	29.16	82.13	20.6	638.7	6/29/2015	1:49

Tabel 2. (Lanjutan)

ID	RH1	T1	RH2	T2	Rpm	Date	Time
83	64.37	29.26	82.66	20.7	638.7	6/29/2015	1:49
84	64.37	29.26	82.66	20.7	638.7	6/29/2015	1:49
85	63.98	29.16	83.12	20.7	638.7	6/29/2015	1:49
86	63.91	29.16	83.42	20.7	638.7	6/29/2015	1:49
87	63.91	29.16	83.42	20.7	638.7	6/29/2015	1:49
88	64.37	29.26	83.04	20.8	638.7	6/29/2015	1:49
89	64.37	29.26	83.04	20.8	638.7	6/29/2015	1:49
90	63.98	29.16	83.12	20.8	684.1	6/29/2015	1:49
91	64.06	29.16	83.50	20.8	638.7	6/29/2015	1:49
92	64.06	29.16	83.50	20.8	638.7	6/29/2015	1:49
93	64.44	29.26	83.27	20.8	638.7	6/29/2015	1:49
94	63.98	29.16	83.19	20.9	638.7	6/29/2015	1:49
95	63.98	29.16	83.19	20.9	638.7	6/29/2015	1:49
96	63.98	29.16	83.19	20.9	638.7	6/29/2015	1:49
97	63.98	29.16	83.19	20.9	638.7	6/29/2015	1:49
98	64.21	29.26	83.12	20.8	638.7	6/29/2015	1:49
99	64.21	29.26	83.12	20.8	638.7	6/29/2015	1:49
100	64.21	29.26	82.05	20.7	684.1	6/29/2015	1:49
101	64.21	29.26	82.58	20.7	638.7	6/29/2015	1:49
102	64.21	29.26	82.58	20.7	638.7	6/29/2015	1:50
103	64.21	29.26	82.20	20.7	638.7	6/29/2015	1:50
104	64.14	29.26	82.66	20.7	638.7	6/29/2015	1:50
105	64.14	29.26	82.66	20.7	638.7	6/29/2015	1:50
106	64.06	29.26	82.51	20.6	638.7	6/29/2015	1:50
107	64.06	29.26	82.58	20.6	684.1	6/29/2015	1:50
108	64.06	29.26	82.58	20.6	684.1	6/29/2015	1:50
109	64.06	29.26	82.43	20.6	638.7	6/29/2015	1:50
110	63.98	29.26	82.66	20.5	638.7	6/29/2015	1:50

c. Monitoring Proses Heating

Tabel 3. Data monitoring 30-45 knop, proses *heating*

ID	RH1	T1	RH2	T2	Rpm	Date	Time
1	72.19	28.56	63.81	32.9	457.1	6/30/2015	9:25
2	72.35	28.56	63.50	33.3	502.5	6/30/2015	9:25
3	72.35	28.56	63.50	33.3	502.5	6/30/2015	9:25
4	72.35	28.56	63.50	33.3	502.5	6/30/2015	9:25
5	72.42	28.56	62.28	33.9	502.5	6/30/2015	9:25
6	72.42	28.56	62.28	33.9	502.5	6/30/2015	9:25
7	72.42	28.56	62.21	34	502.5	6/30/2015	9:25
8	72.42	28.56	61.75	34.2	502.5	6/30/2015	9:25
9	72.42	28.56	61.75	34.2	502.5	6/30/2015	9:25
10	72.42	28.56	61.37	34.3	502.5	6/30/2015	9:25
11	72.42	28.56	60.99	34.5	502.5	6/30/2015	9:25
12	72.42	28.56	60.99	34.5	502.5	6/30/2015	9:25
13	72.42	28.56	60.60	34.7	502.5	6/30/2015	9:25
14	72.35	28.56	60.22	34.8	502.5	6/30/2015	9:25
15	72.35	28.56	60.22	34.8	502.5	6/30/2015	9:25
16	72.35	28.56	60.22	35	457.1	6/30/2015	9:25
17	72.35	28.56	59.84	35.1	502.5	6/30/2015	9:25
18	72.35	28.56	59.84	35.1	502.5	6/30/2015	9:25
19	72.27	28.56	59.54	35.3	502.5	6/30/2015	9:25
20	72.27	28.56	59.23	35.4	502.5	6/30/2015	9:25
21	72.27	28.56	59.23	35.4	502.5	6/30/2015	9:25
22	72.27	28.56	58.92	35.5	502.5	6/30/2015	9:25
23	72.27	28.56	58.54	35.7	502.5	6/30/2015	9:25
24	72.27	28.56	58.54	35.7	502.5	6/30/2015	9:25
25	72.27	28.56	58.24	35.9	502.5	6/30/2015	9:26
26	72.27	28.56	58.31	36	502.5	6/30/2015	9:26

Tabel 3. (Lanjutan)

ID	RH1	T1	RH2	T2	Rpm	Date	Time
27	72.27	28.56	58.31	36	502.5	6/30/2015	9:26
28	72.27	28.56	57.93	36.1	502.5	6/30/2015	9:26
29	72.27	28.56	57.63	36.3	457.1	6/30/2015	9:26
30	72.27	28.56	57.63	36.3	457.1	6/30/2015	9:26
31	72.27	28.56	57.32	36.4	502.5	6/30/2015	9:26
32	72.27	28.56	57.02	36.5	502.5	6/30/2015	9:26
33	72.27	28.56	57.02	36.5	502.5	6/30/2015	9:26
34	72.27	28.56	56.71	36.6	502.5	6/30/2015	9:26
35	72.27	28.56	56.48	36.8	502.5	6/30/2015	9:26
36	72.27	28.56	56.48	36.8	502.5	6/30/2015	9:26
37	72.27	28.46	56.18	36.9	502.5	6/30/2015	9:26
38	72.27	28.46	56.33	37	502.5	6/30/2015	9:26
39	72.27	28.46	56.33	37	502.5	6/30/2015	9:26
40	72.27	28.46	56.02	37.2	502.5	6/30/2015	9:26
41	72.27	28.46	55.80	37.3	457.1	6/30/2015	9:26
42	72.27	28.46	55.80	37.3	457.1	6/30/2015	9:26
43	72.27	28.46	55.49	37.4	502.5	6/30/2015	9:26
44	72.27	28.46	55.26	37.5	502.5	6/30/2015	9:26
45	72.27	28.46	55.26	37.5	502.5	6/30/2015	9:26
46	72.27	28.46	55.03	37.6	502.5	6/30/2015	9:26
47	72.27	28.46	54.80	37.7	502.5	6/30/2015	9:26
48	72.27	28.46	54.80	37.7	502.5	6/30/2015	9:26
49	72.27	28.46	54.65	37.8	502.5	6/30/2015	9:26
50	72.35	28.46	54.42	37.8	502.5	6/30/2015	9:26
51	72.35	28.46	54.42	37.8	502.5	6/30/2015	9:26
52	72.35	28.46	54.42	37.8	502.5	6/30/2015	9:26
53	72.35	28.46	54.42	38	502.5	6/30/2015	9:26
54	72.35	28.46	54.27	38.1	502.5	6/30/2015	9:26

Tabel 3. (Lanjutan)

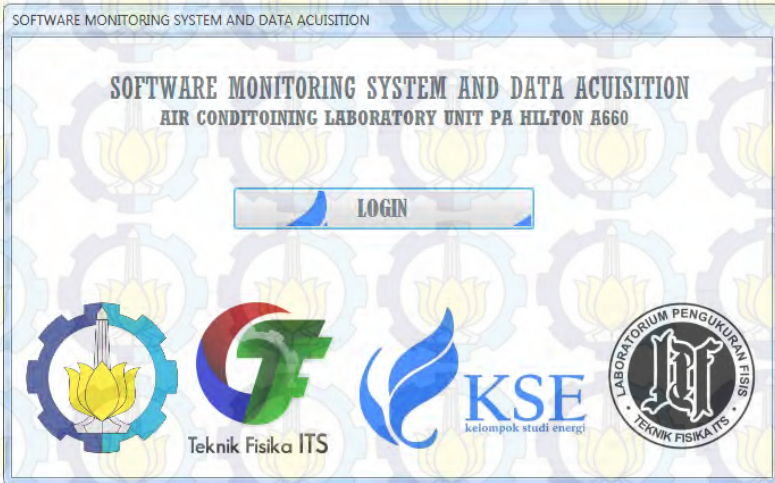
ID	RH1	T1	RH2	T2	Rpm	Date	Time
55	72.35	28.46	54.27	38.1	502.5	6/30/2015	9:27
56	72.35	28.46	54.04	38.2	457.1	6/30/2015	9:27
57	72.35	28.46	54.04	38.2	457.1	6/30/2015	9:27
58	72.35	28.56	53.89	38.2	502.5	6/30/2015	9:27
59	72.35	28.46	53.74	38.3	502.5	6/30/2015	9:27
60	72.35	28.46	53.74	38.3	502.5	6/30/2015	9:27
61	72.35	28.46	53.58	38.4	502.5	6/30/2015	9:27
62	72.35	28.46	53.43	38.5	502.5	6/30/2015	9:27
63	72.35	28.46	53.43	38.5	502.5	6/30/2015	9:27
64	72.35	28.56	53.28	38.5	502.5	6/30/2015	9:27
65	72.35	28.46	53.12	38.6	502.5	6/30/2015	9:27
66	72.35	28.46	53.12	38.6	502.5	6/30/2015	9:27
67	72.35	28.46	52.97	38.7	502.5	6/30/2015	9:27
68	72.35	28.46	52.82	38.7	502.5	6/30/2015	9:27
69	72.35	28.46	52.82	38.7	502.5	6/30/2015	9:27
70	72.35	28.46	52.67	38.8	502.5	6/30/2015	9:27
71	72.35	28.56	52.51	38.9	502.5	6/30/2015	9:27
72	72.35	28.56	52.51	38.9	502.5	6/30/2015	9:27
73	72.35	28.46	52.44	38.9	502.5	6/30/2015	9:27
74	72.35	28.46	52.67	39.1	502.5	6/30/2015	9:27
75	72.35	28.46	52.67	39.1	502.5	6/30/2015	9:27
76	72.35	28.46	52.51	39.2	502.5	6/30/2015	9:27
77	72.35	28.46	52.36	39.2	457.1	6/30/2015	9:27
78	72.35	28.46	52.36	39.2	457.1	6/30/2015	9:27
79	72.35	28.46	52.21	39.3	502.5	6/30/2015	9:27
80	72.35	28.46	52.06	39.4	547.9	6/30/2015	9:27
81	72.35	28.46	52.06	39.4	547.9	6/30/2015	9:27
82	72.35	28.46	51.90	39.4	593.3	6/30/2015	9:27

Tabel 3. (Lanjutan)

ID	RH1	T1	RH2	T2	Rpm	Date	Time
83	72.35	28.46	51.75	39.5	638.7	6/30/2015	9:27
84	72.35	28.46	51.75	39.5	638.7	6/30/2015	9:27
85	72.27	28.46	51.67	39.6	638.7	6/30/2015	9:28
86	72.35	28.46	51.52	39.6	638.7	6/30/2015	9:28
87	72.35	28.46	51.52	39.6	638.7	6/30/2015	9:28
88	72.35	28.46	51.37	39.7	593.3	6/30/2015	9:28
89	72.35	28.46	51.29	39.7	638.7	6/30/2015	9:28
90	72.35	28.46	51.29	39.7	638.7	6/30/2015	9:28
91	72.35	28.46	51.29	39.7	638.7	6/30/2015	9:28
92	72.35	28.46	51.14	39.8	638.7	6/30/2015	9:28
93	72.35	28.46	51.14	39.8	638.7	6/30/2015	9:28
94	72.42	28.46	51.14	39.8	638.7	6/30/2015	9:28
95	72.42	28.46	51.06	39.7	638.7	6/30/2015	9:28
96	72.42	28.46	51.06	39.7	638.7	6/30/2015	9:28
97	72.42	28.46	51.06	39.7	638.7	6/30/2015	9:28
98	72.42	28.46	51.06	39.7	638.7	6/30/2015	9:28
99	72.42	28.46	51.06	39.7	638.7	6/30/2015	9:28
100	72.42	28.46	51.06	39.7	638.7	6/30/2015	9:28
101	72.42	28.46	50.99	39.7	593.3	6/30/2015	9:28
102	72.42	28.46	50.91	39.8	638.7	6/30/2015	9:28
103	72.42	28.46	50.91	39.8	638.7	6/30/2015	9:28
104	72.42	28.46	50.76	39.9	593.3	6/30/2015	9:28
105	72.42	28.46	50.99	40	593.3	6/30/2015	9:28
106	72.42	28.46	50.99	40	593.3	6/30/2015	9:28
107	72.42	28.46	50.84	40	593.3	6/30/2015	9:28
108	72.42	28.46	50.76	40.1	638.7	6/30/2015	9:28
109	72.42	28.46	50.76	40.1	638.7	6/30/2015	9:28

LAMPIRAN E

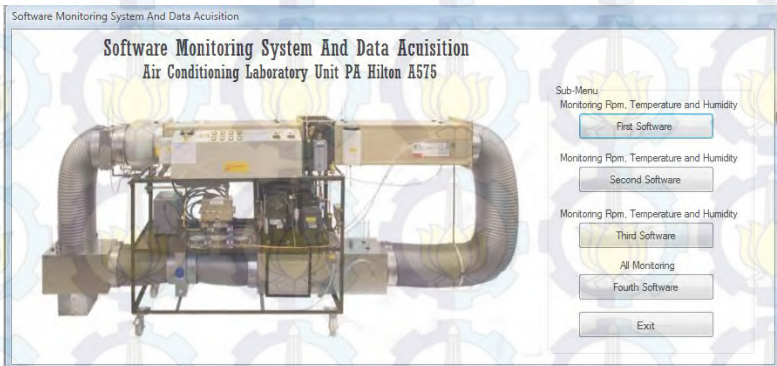
Tampilan Software



Gambar 1. Screen Awal Software



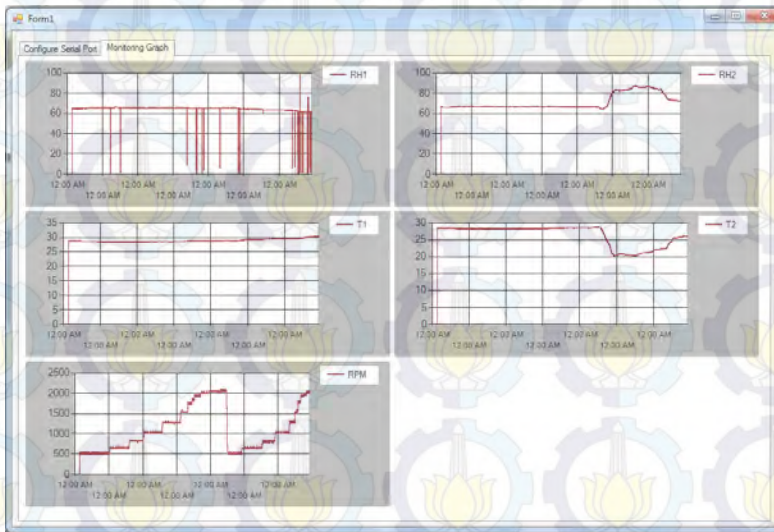
Gambar 2. Screen kedua Software



Gambar 3. *Screen ketiga Software*

ID	RH1	T1	RH2	T2	Rpm	Date	Time
17	58.83	29.86	51	29.1	-87.7	6/19/2015	2:14:50 AM
18	58.83	29.86	51	29.1	-87.7	6/19/2015	2:14:52 AM
19	58.91	29.86	50.9	29.1	-87.7	6/19/2015	2:14:54 AM
20	58.83	29.86	50.4	29.1	-87.7	6/19/2015	2:14:56 AM
21	58.83	29.86	50.4	29.1	-87.7	6/19/2015	2:14:58 AM
22	58.93	29.96	49.7	29.1	-87.7	6/19/2015	2:15:00 AM
23	58.68	29.86	49.3	29.1	-87.7	6/19/2015	2:15:02 AM
24	58.68	29.86	49.3	29.1	-87.7	6/19/2015	2:15:04 AM
25	58.76	29.86	49.4	29.1	-87.7	6/19/2015	2:15:06 AM
26	58.76	29.86	49.5	29.1	-87.7	6/19/2015	2:15:08 AM
27	58.76	29.86	49.5	29.1	-87.7	6/19/2015	2:15:10 AM
28	58.91	29.86	49.5	29.1	-87.7	6/19/2015	2:15:13 AM
29	58.99	29.96	49.5	29.1	-87.7	6/19/2015	2:15:14 AM

Gambar 4. *Form Pengambilan Data*



Gambar 4. Pengambilan Grafik

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di kota Nganjuk, 11 Juni 1993. Diberi nama terbaik dari kedua orang tua, yaitu Okky Agassy Firmansyah. Bapak bernama Ahmad Mamak Al Luluki, Ibu bernama Siti Ngaisah dan mempunyai dua orang adik kandung yang bernama Micco Rizky Firnanda dan Rizky Firdiansyah. Alamat asli rumah di Nganjuk terdapat pada Jl. Citarum No 7 RT 2/RW 6 Kelurahan Mangundikaran Kecamatan Nganjuk. Penulis menyelesaikan Sekolah Dasar pada tahun 2006 di SDN

Mangundikaran 1 Nganjuk, pada tahun 2009 penulis menamatkan SMP N 1 Nganjuk dan pada tahun 2012 penulis menamatkan sekolah menengah di SMA N 2 Nganjuk. Penulis mempunyai minat terhadap bidang organisasi dan manajerial. Dari semenjak dibangku SMP hingga sekarang dibangku kuliah, penulis masih aktif menggeluti bidang organisasi dan manajerial. Pada tahun 2015 ini, penulis mampu menyelesaikan gelar ahli madya di Program Studi DIII-Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Akuisisi Data Rpm Fan, Temperatur dan Kelembaban pada Ducting Air Conditioning Laboratory Unit PA Hilton A575”. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, dapat menghubungi penulis melalui email oafirmansyah@gmail.com.